

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA
OSTRAVA**

HORNICKO-GEOLOGICKÁ FAKULTA

Institut geodézie a důlního měřictví

**MĚŘENÍ A VYHDONOCENÍ POKLESŮ POVRCHU
V OBLASTI 7. KRY, DŮLNÍ ZÁVOD 1**

DIPLOMOVÁ PRÁCA

Autor:

Bc. Ján Štefánik

Vedúci diplomovej práce:

doc. Ing. Eva Jiráňková, Ph.D

Ostrava 2016

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Institut geodézie a důlního měřictví

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Ján Štefánik**
Studijní program: N3646 Geodézie a kartografie
Studijní obor: 3646T007 Inženýrská geodézie
Téma: **Měření a vyhodnocení poklesů povrchu v oblasti 7. kry, Důlní závod 1**
Measurement and Assessment of Surface Subsidence in the Area of the 7th Block of the Mine Plant 1
Jazyk vypracování: slovenština

Zásady pro vypracování:

1. Proved'te měření výšek povrchových bodů stávající pozorovací stanice.
2. Vyhodno'te naměřená data z dřívějších i vlastních měření.
3. Proved'te rozbory přesnosti.
4. Proved'te teoretický výpočet poklesů povrchu a zdůvodněte rozdíly mezi teoretickými a měřenými poklesy povrchu.
5. Vyhodno'te pohyby a deformace v linii měřické přímky a vhodně prezentujte utváření poklesové kotliny.

Seznam doporučené odborné literatury:

NESET, K. *Vlivy poddolování: důlní měřictví IV: vysokošk. příručka pro hornickogeolog. fak. vys. škol techn.* Praha: SNTL, 1984. Sv. 339 s. L15-C3-IV-41/47885.
NEVOSÁD, Z., VITÁSEK, J. *Geodézie III*, Vyd. 1. Brno: VUTIUM, 2000, 140 s. ISBN 80-214-1774-9.
NOVÁK, J. *Mezný úhel vlivu dobývání v poklesové kotlině*, Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2000, 84 s. ISBN 80-707-8657-4.
SCHENK, J. *Měření pohybů a deformací v poklesové kotlině*, 1. vyd. [i.e. 2., rozš. vyd.]. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2006, 175 s. ISBN 80-248-1059-X.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Eva Jiráňková, Ph.D.**

Datum zadání: 30.10.2015

Datum odevzdání: 29.04.2016


doc. Ing. Pavel Černota, Ph.D.
vedoucí institutu




prof. Ing. Vojtech Dirner, CSc.
děkan fakulty

Prehlásenie autora diplomovej práce

- Celú diplomovú prácu prilož, som vypracoval samostatne a uviedol som všetky použité podklady a literatúru. Bol som oboznámený s tým, že na moju diplomovú prácu sa plne vzťahuje zákon č.121/2000 Sb. – autorský zákon, hlavne § 35 – využitie diela v rámci občianskych a náboženských obrádov rámci školských predstavení a využitie diela školského a § 60 – školské dielo.
- Beriem na vedomie, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (ďalej len VŠB-TUO) má právo neziskovo, k svojej vnútornej potrebe, diplomovú prácu využiť. (§ 35 odst. 3).
- Súhlasím s tým, že jeden výtlačok bude uložený u vedúceho diplomovej práce. Súhlasím s tým, že údaje diplomovej práce, obsiahnuté v Zázname o záverečnej práci, umiestnenom v prílohe mojej diplomovej práce, budú zverejnené v informačnom systéme VŠB-TUO.
- Súhlasím s tým, že diplomová práca je licencovaná pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licenciou. Pre zobrazenie kópie tejto licencie je možné navštíviť <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>
- Bolo dohodnuté, že VŠB-TUO v prípade záujmu o komerčné využitie z jej strany, uzavriem licenčnú zmluvu s oprávnením použiť dielo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bolo dohodnuté, že použitie môjho diela – diplomovej práce alebo poskytnutie licencie k jej komerčnému použitiu môžem len so súhlasom VŠB-TUO, ktorá je oprávnená v takom prípade odo mňa požadovať primeraný príspevok na úhradu nákladov, ktoré boli VŠB-TUO na vytvorenie diela vynaložené (až do ich skutočnej výšky).

V Ostrave dňa 25.4. 2016


Bc. Ján Štefánik

PodĎakovanie

Chcel by som sa poĎakovať doc. Ing. Eve Jiráňkovej, Ph.D za odborné vedenie a konzultácie pri tejto diplomovej práci. Ďalej ďakujem všetkým kolegom, ktorí mi pomohli pri terénnych prácach. Osobitné poĎakovanie patrí mojej rodine za podporu počas celého štúdia.

Anotácia

V tejto diplomovej práci je spracované meranie výšok v oblasti 7.kry, Důlní závod 1 v lokalite Lazy metódou trigonometrickej nivelácie. V teoretickej časti sa práca zaoberá príčinami vzniku poklesových kotlín, posunom a deformáciami na jej povrchu. Ďalej sú v práci spomenuté metódy na meranie zvislých posunov (poklesov). V praktickej časti sa nachádza spracovanie a vyhodnotenie trigonometrického merania a jeho rozbor presnosti. Na záver sú výsledné hodnoty porovnané s teoretickým výpočtom poklesov v programe Subsch.

Klíčové slová

Poklesová kotlina, trigonometrická nivelácia, pokles, pozorovacia stanica

Annotation

In this thesis it was processed leveling measurement in the area of the 7th block of the Mine Plant 1, in area Lazy by method trigonometric leveling. In the theoretical part of this thesis with the causes of surface subsidence, movements and deformations on its surface. In this thesis are also mentioned methods for measuring vertical movements (subsidence). The practical part is processing and assessment of trigonometric measurement and analysis of precision. At the end the results values are compared with theoretical calculation of subsidence in program Subsch.

Keywords

Subsidence basin, trigonometric leveling, decrease, observation station

Obsah

1	ÚVOD.....	1
2	PREJAVY DOBÝVANIA NA POVRCHU TERÉNU	2
2.1.	Činitele ovplyvňujúce pohyb nadložia a povrchu	2
2.1.1.	Mechanické vlastnosti nadložných a okolitých hornín.....	2
2.1.2.	Geologické podmienky uloženia	3
2.1.3.	Medzný uhol vplyvu.....	3
2.1.4.	Mocnosť ložiska	5
2.1.5.	Hĺbka ložiska pod povrchom	5
2.1.6.	Časový priebeh a dĺžka trvania pohybov	6
2.2.	Poklesová kotlina a plná účinná plocha	6
2.2.1.	Vymedzenie rozsahu poklesovej kotliny	10
2.3.	Pohyby a deformácie bodov na povrchu.....	11
2.3.1.	Pokles	11
2.3.2.	Naklonenie	12
2.3.3.	Zakrivenie.....	14
2.4.	Princíp teoretického výpočtu vplyvu banskej činnosti	15
3	METÓDY URČOVANIA ZVISLÝCH POSUNOV (POKLESOV)	16
3.1.	Trigonometrická nivelácia.....	16
3.1.1.	Postup merania v nivelačnom ťahu	16
3.1.2.	Posudzovanie presnosti nivelačného merania	17
3.2.	Ostatné metódy určovania poklesov	19
3.3.	Pozorovacie stanice a ich rozdelenie.....	20
4	CHARAKTERISTIKA ÚZEMIA	24
4.1.	História a geologická charakteristika.....	24
4.2.	Bansko – technické informácie o poruboch	25
4.3.	Pozorovacia stanica v oblasti Důlní závod 1	26

5	TERÉNNE PRÁCE	28
5.1.	Prístroje a pomôcky	28
6	VYHODNOTENIE VÝSLEDKOV MERANIA	30
6.1.	Určenie poklesov.....	30
6.2.	Rozbor presností.....	31
6.2.1.	Charakteristika presností merania	31
6.2.2.	Charakteristika presnosti určenia poklesu.....	35
7	VÝPOČET TEORETICKÉHO POKLESU BODOV	37
7.1.	Vstupné dáta	37
7.2.	Výpočet poklesu.....	39
8	URČENIE NAKLONENIA	42
9	VYMEDZENIE OBLASTI POKLESOVEJ KOTLINY	44
10	ZÁVER	45
	ZOZNAM OBRÁZKOV	48
	ZOZNAM TABULIEK	49
	ZOZNAM GRAFOV	50
	ZOZNAM PRÍLOH.....	51

1 ÚVOD

Vplyvom hlbinného dobývania uhoľných ložísk v ostravsko-kravinskom regióne dochádza na povrchu k výrazným zmenám. Ide hlavne o povrchové pohyby a deformácie spôsobené prehnutím, zavalením nadložných hornín do vytážených priestorov.

Hlavným cieľom tejto diplomovej práce bolo etapové meranie výšok pozorovacej stanice v oblasti 7. kry, ktorá je situovaná v areáli Důlní závod 1, lokalita Lazy, a tým pádom utváraní poklesovej kotliny. Meranie pozostávalo z 3 etáp, v ktorých boli výšky bodov zmerané metódou trigonometrickej nivelácie.

Diplomová práca sa ďalej venuje sledovaniu poklesov na bodoch pozorovacej stanice vrátane rozboru presností jednotlivých meraní.

Taktiež boli vypočítané teoretické poklesy v programe SUBSCH od prof. Schenka, ktoré boli porovnané s poslednou etapou merania.

Výsledkom práce sú vypočítané poklesy, deformácie v línii meračskej priamky a taktiež ich grafické znázornenie.

2 PREJAVY DOBÝVANIA NA POVRCHU TERÉNU

Pohyb podrúbaného územia je zložitý proces závislý na čase, ktorý je výsledok rôznych foriem pohybu hornín nadložia, podložia i samotného dobývaného ložiska ako dôsledok porušenia prirodzenej rovnováhy horninového masívu banskou činnosťou.

2.1. Činitele ovplyvňujúce pohyb nadložia a povrchu

Medzi hlavné činitele patria [8]:

- Mechanické vlastnosti nadložných a okolitých hornín
- Geologické podmienky uloženia
- Medzný uhol
- Mocnosť ložiska
- Plošný rozsah vplyvu dobývacích prác
- Hĺbka ložiska pod povrchom
- Spôsoby dobývania úžitkového nerastu
- Časový priebeh a dĺžka trvania pohybu

2.1.1. Mechanické vlastnosti nadložných a okolitých hornín

Mechanické vlastnosti nadložia a okolitých hornín majú významný vplyv na veľkosť a charakter pohybov nadložia, a tým aj na tvorbu poklesovej kotliny. V skutočnosti sa horský masív skladá z viacerých vrstiev hornín, čo má za následok premenlivosť mechanických vlastností.

Podľa mechanických vlastností rozdeľujeme horniny na [8]:

- Tvrdé, pevné horniny
- Plastické horniny
- Sypké horniny
- Tekuté horniny.

2.1.2. Geologické podmienky uloženia

Vplyvy dobývania taktiež závisia od geologického zloženia pohoria z hľadiska stratigrafického, tektonického a hydrologického. Musíme poznať geologický profil ložiskom v hlavných a uvažovaných smeroch, geologický vývoj pohoria, mocnosť jednotlivých vrstiev a pod. [7]

Na veľkosť a smer pohybu nadložia má významný vplyv úklon ložiska a okolia. Podľa sklonu uloženia delíme ložiska na [7]:

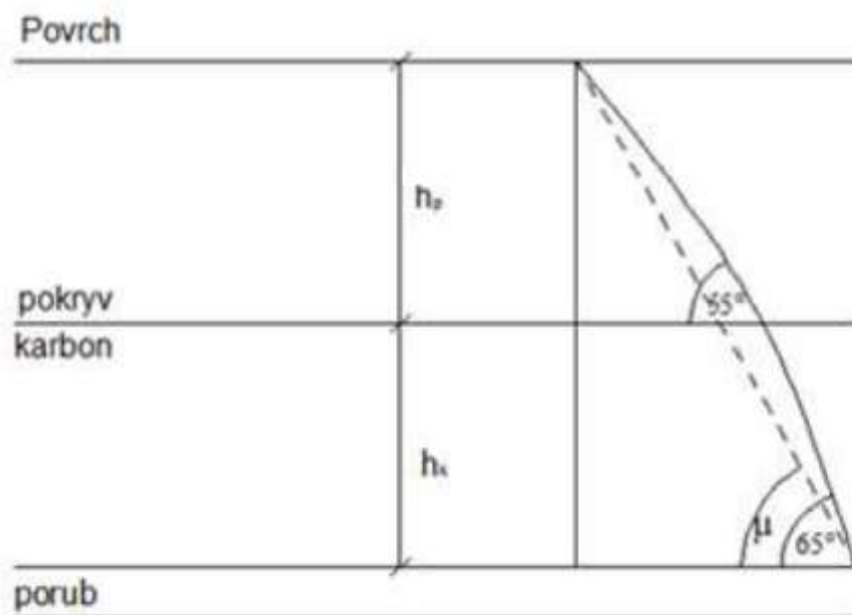
- Vodorovné $\alpha = 0^\circ$
- Ploché $0^\circ - 22^\circ$
- Uklonené $22^\circ - 45^\circ$
- Polostrmé $45^\circ - 70^\circ$
- Strmé $70^\circ - 85^\circ$
- Zvislé $85^\circ - 90^\circ$

Oblasť vplyvu pri uklonenom ložisku nadobúda nesymetrický tvar, ktorý sa výrazným spôsobom prejaví pri polostrmých a strmých úklonoch tak, že nad nižšími miestami sa okraj ovplyvnenej plochy vzdďaľuje a nad vyššími miestami ložiska sa približuje k priemetu dobývanej časti ložiska na povrch. [7]

Pri naklonených ložiskách sa pri pohybe nadložia zvyšuje podiel vodorovnej zložky, ktorá je z hľadiska spôsobenia banských škôd oveľa nebezpečnejšia. [7]

2.1.3. Medzný uhol vplyvu

Keď sa dobýva dostatočne veľká plocha, vytvorí sa po určitej dobe na povrchu poklesová kotlina, ktorej obvod je určený medzným uhlom vplyvu μ . Tento uhol je definovaný ako zvislý uhol, ktorý zvierá vodorovná rovinou na okraji vyťaženej plochy s príslušným bodom na povrchu, kde pohyb alebo deformácia je rovná nule alebo minimálnej hodnote, ktorá má za následok ešte prípustné deformácie ovplyvnených objektov. [7]



Obrázok 1 Medzný uhol vplyvu

Medzný uhol je základným pojmom pri určovaní tvaru a veľkosti poklesovej kotliny. Slúži ako základ výpočtov poklesov a deformácií a pre stanovenie rozsahu vplyvu dobývania. Je závislý na viacerých faktoroch, ktoré priamo ovplyvňujú jeho veľkosť. Medzi hlavné faktory patria hlavne [7]:

- Petrografické vlastnosti hornín
- Úklon ložiska
- Tektonické pomery
- Hĺbka a spôsob dobývania
- Použitie základky
- Hydrogeologické pomery.

Na základe dlhodobých pozorovaní a skúseností z hľadiska pevnosti hornín boli v ostravsko karvinskom revíre prijaté priemerné hodnoty pre medzné uhly:

- v karbónskych vrstvách - $\mu_k = 65^\circ$
- v terciérnom pokryve - $\mu_k = 55^\circ$.

Priemerný medzný uhol vplyvu vypočítame z rovnice [7]:

$$\mu_p = \frac{\mu_t H_t + \mu_k H_k}{H_t + H_k}, \quad (1)$$

kde:

μ_t – medzný uhol vplyvu v pokryve

μ_k – medzný uhol vplyvu v produktívnych horninách

H_t – mocnosť pokryvu

H_k – mocnosť produktívnych hornín.

2.1.4. Mocnosť ložiska

Priamy vplyv na veľkosť poklesu má mocnosť dobývaného nerastu. Keďže prirodzené i umelé odkryvy môžu teleso pretínať v rôznom smere, preto rozlišujeme pravú a nepravú mocnosť. Mocnosť (pravá mocnosť) je definovaná ako dĺžka kolmice nakreslenej v ľubovoľnom bode plochy alebo roviny, prechádzajúcej medzi plochami alebo rovinami ohraničujúcimi vrstvu alebo inak definované teleso. Hodnoty nepravých mocností získavame z vrtov alebo meraním v banských dielach.[2]

Veľkosť poklesu je rovnaká s veľkosťou vytiaženého nerastu, avšak je pravdepodobné, že vplyvom nakyprenia hornín pokles nedosiahne svoje maximum.

2.1.5. Hĺbka ložiska pod povrchom

Hĺbka ložiska pod zemským povrchom má významný vplyv na veľkosť a intenzitu deformácií vznikajúcich dôsledkom banskej činnosti na povrchu a na objektoch nachádzajúcich sa v oblasti vplyvu.

Pri ložiskách s väčšou mocnosťou, ktoré sa nachádzajú blízko pod povrchom dôjde po vytiažení nerastu k prelomeniu nespevneného nadložía a vznikne prepádisko, ktorého hĺbka sa rovná vyrúbanej mocnosti sloje. Zväčšovaním hĺbky sa mení charakter vplyvu ťažby na povrch, znižuje sa pravdepodobnosť vzniku prepádísk či trhlín a poklesová kotlina nadobúda plynulejšie tvary bez výraznejších deformácií. Platí, že čím väčšia hĺbka, tým je väčší rozsah poklesovej kotliny. [8]

2.1.6. Časový priebeh a dĺžka trvania pohybů

Vplyv banskej činnosti, ktorý sa prejavuje pohybom nadložia smerom k stredu vytáženého priestoru, sa neprejaví hneď po zavalení, ale vplyvom pevnosti hornín, rozlohy plochy a mocnosti nadložných vrstiev uplynie určitá doba, kým sa prejaví prvá známka pohybu na povrchu. Tento pohyb neskončí okamžite ale doznieva dlhšiu dobu, ktorá je potrebná k dosiahnutiu rovnovážneho stavu v narušených nadložných horninách. [8]

Doba doznievania je závislá od geologického a mechanického zloženia vrstiev nadložia. V neposlednom rade taktiež závisí, či toto súvrstvie už bolo ovplyvnené dobývaním a rýchlosťou dobývania. [8]

2.2. Poklesová kotlina a plná účinná plocha

Poklesová kotlina je výslednicou pohybu dvojakého charakteru, ktorými sú náhle pohyby a plynulé pohyby. V prvom prípade dochádza k vzniku banských otrasov vo forme prepadlísk, ako dôsledok náhlych deformačných zmien nad medzou pružnosti horninového masívu a závalom komôr. V druhom prípade sú pohyby nadložných hornín plynulé a z hľadiska bezpečnosti a ochrany objektov omnoho priaznivejšie. [5]

Poklesová kotlina sa utvára postupne vo funkčnej závislosti, v ktorej sú poklesy povrchových bodov na jednej strane a hlavné faktory a koeficienty, ktoré ovplyvňujú tento pohyb na strane druhej. [8]

Funkčný vzťah pre veľkosť poklesu potom vyzerá nasledovne:

$$s = f(M, a, e, z)$$

kde: s – dynamická hodnota poklesu

M – mocnosť sloje

a – dobývací koeficient

e – súčiniteľ účinnosti

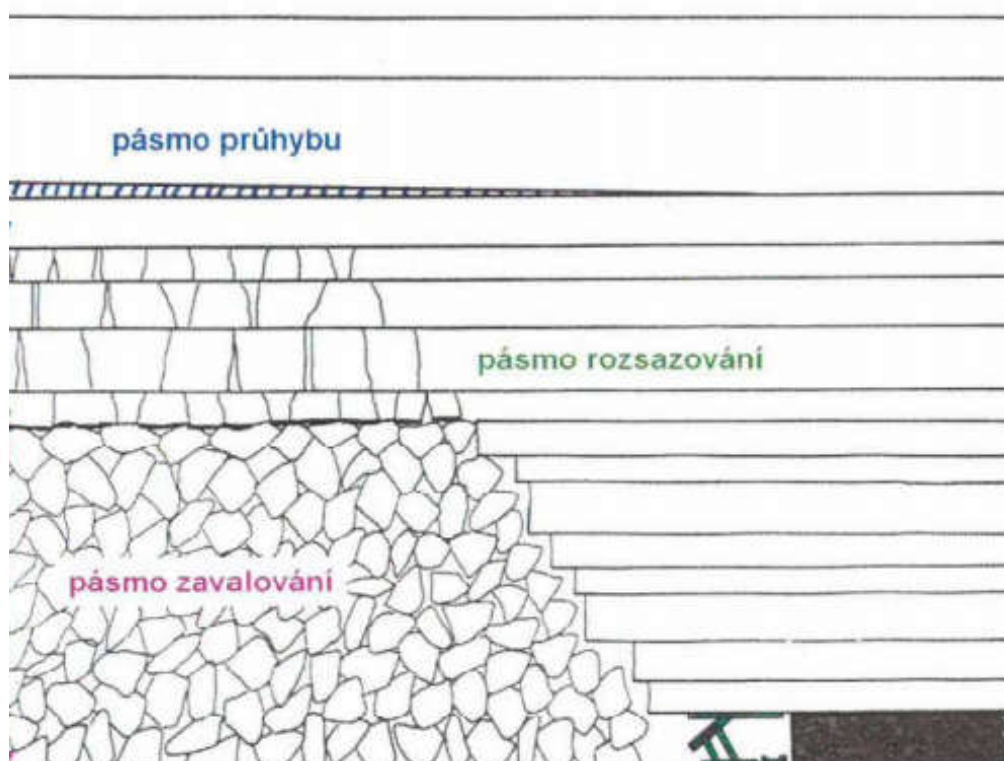
z – časový súčiniteľ.

Zjednodušená funkcia pre pokles bodu:

$$s = M \cdot a \cdot e^z$$

Na základe rozboru prejavu vydobytých priestorov môžeme v poklesovej kotline rozlišovať tri pásma:

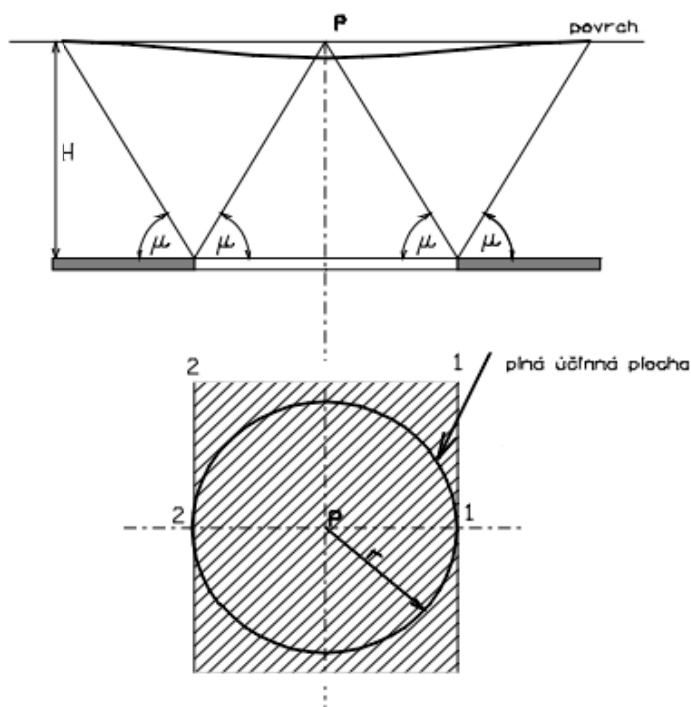
- Pásmo závalov, kde sa vytvárajú prepادلiská v tvare lievika, ako dôsledok porušenia prirodzenej rovnováhy horninového masívu v okolí banského diela. Uvoľnené horniny majú snahu premiestniť sa do vydobytých priestorov a závaly na povrchu sa prejavujú formou prepادلísk. Šírka tohto pásma býva až niekoľko násobok hrúbky ložiska. [5]
- Pásmo trhlín alebo zalamovania, v ktorom povrch terénu stráca svoju celistvosť vytváraním trhlín bez závalov. Rozrušením hornín v tomto pásme sa objavujú trhliny široké až niekoľko decimetrov. Prechodom dobývania do väčších hĺbok sa toto pásmo zväčšuje. [5]
- Pásmo priehybu, v ktorom dochádza k plynulým pohybom terénu bez narušenia jeho celistvosti. V pásme môže dochádzať k dočasnej tvorbe voľných priestorov medzi jednotlivými vrstvami. [5]



Obrázok 2 Deformácie v horninovom masíve vplyvom vydobytia uhoľnej sloje

S poklesovou kotlinou úzko súvisí plná účinná plocha, ktorá má priamy vplyv na rozsah ovplyvneného územia. Túto plochu ktorú môžeme definovať ako plochu v ložisku, ktorú musíme vyrúbať, aby pokles uvažovaného bodu **P** v nadloží alebo na povrchu bol najväčší. Polomer r potom charakterizuje veľkosť plne účinnej plochy, ktorý určíme z hĺbky dobývania a medzného uhlu vplyvu μ . [7]

$$r = H \cotg \mu \quad (2)$$

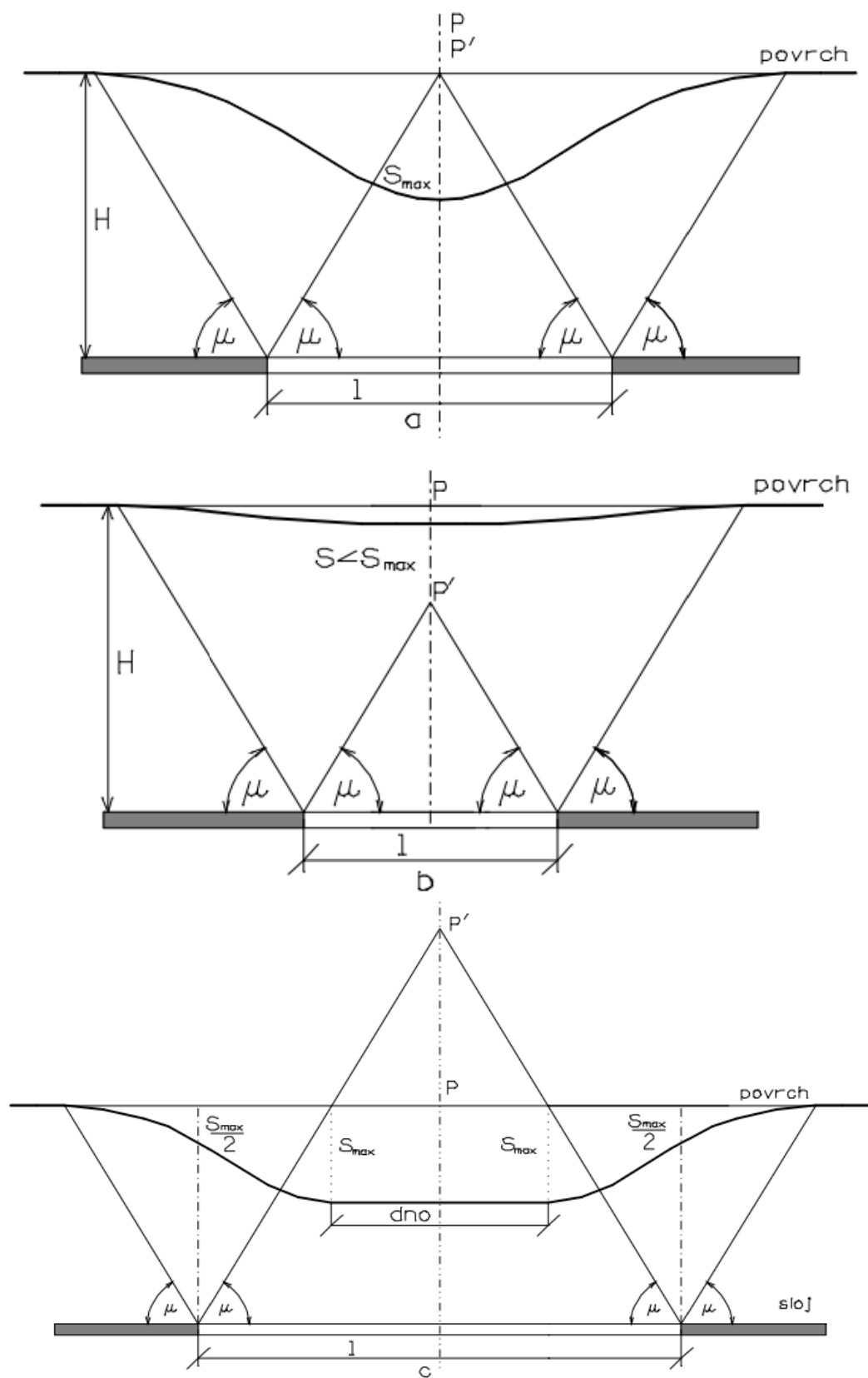


Obrázok 3 Poklesová kotlina a plná účinná plocha [7]

V prípade, že vydobytá plocha je väčšia než plná účinná plocha (obr. 3) je medzi bodmi P a P' na povrchu celá rada bodov, u ktorých je pokles maximálny. Ak sú tieto body v smere kolmom na rez a-b, vzniká potom rovinná časť poklesovej kotliny – dno. [7]

Takže môžu nastať tri možnosti veľkosti vyrúbanej plochy [7]:

- rozmer je rovnaký ako pri plnej účinnej ploche ($1 = 2r = 2H \cotg \mu$)
- vydobytá plocha je menšia než plná účinná plocha ($1 < 2r = 2H \cotg \mu$)
- vydobytá plocha je väčšia než plná účinná plocha ($1 > 2r = 2H \cotg \mu$)

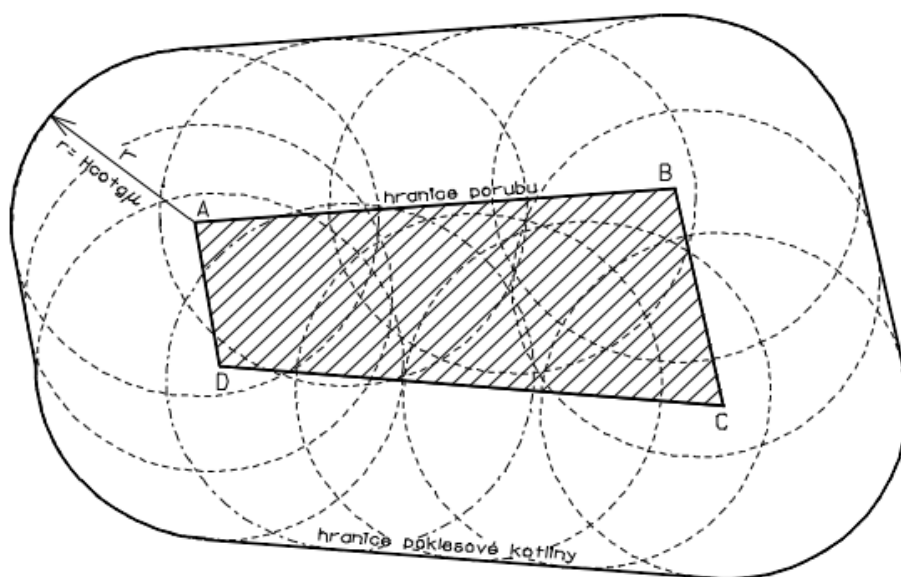


Obrázok 4 Možnosti tvaru poklesovej kotliny v závislosti od vydobitej plochy: a) plná, b) menšia než plná, c) väčšia ako plná účinná plocha [7]

2.2.1. Vymedzenie rozsahu poklesovej kotliny

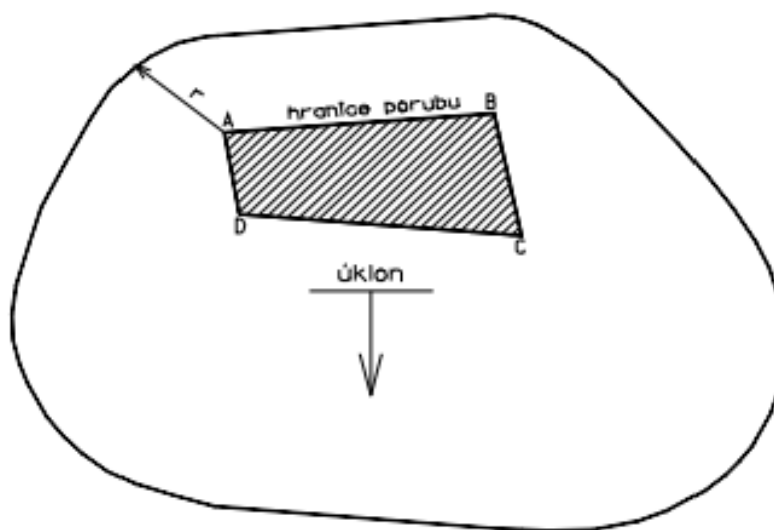
Pri vodorovne uloženom ložisku je daný tvar poklesovej kotliny tvarom vyrúbanej plochy, hĺbkou uloženia ložiska pod povrchom a medzným uhlom vplyvu. Ak sú hranice porubu ohraničené priamymi čiarami, potom oblasť poklesovej kotliny je vymedzená obalovou krivkou kružníc, ktorých stredy odpovedajú vrcholovým bodom porubu. [7]

Profil poklesovej kotliny je znázornený na obrázku 5.



Obrázok 5 Profil poklesovej kotliny pri vodorovnom uložení ložiska [7]

Pri uklonenom ložisku vzniká poklesová kotlina obdobne ako pri vodorovnom uložení s tým rozdielom, že vplyv na povrch nie je priamy ale sa premenlivo odchyľuje od vodorovnej roviny o medzný uhol.[7]



Obrázok 6 Hranica poklesovej kotliny pri šikmom uložení ložiska [7]

Pre lepšie znázornenie poklesovej kotliny môžeme oblasť kotliny vyjadriť pomocou línií s rovnakým poklesom – izokatabázy.

2.3. Pohyby a deformácie bodov na povrchu

Pre vyhodnotenie pohybov a deformácií povrchu sa počítajú rôzne parametre. Zo zvislých pohybov môžeme odvodiť naklonenie (denivelácia) a polomer zakrivenia. Vzhľadom na účel a tvar pozorovacej stanice sa táto práca zameriava len na zvislé posuny a naklonenie.

2.3.1. Pokles

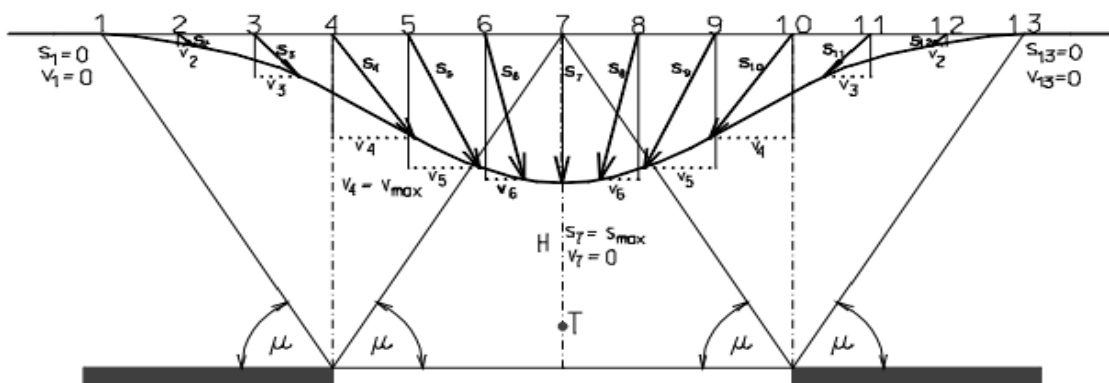
Pokles vo všeobecnosti môžeme definovať ako rozdiel nadmorských výšok za určitý čas.

$$s_{\Delta t_{1,2}} = H_{t_2} - H_{t_1}, \quad (3)$$

kde: t_1, t_2 je časový interval poklesu.

Samotné poklesy v poklesovej kotline nie sú všade rovnaké a ich veľkosť závisí od veľa faktorov, ktorými sú hĺbka porubu, rýchlosť dobývania, geologické faktory, atď.

Najväčšie poklesy môžeme zaznamenať v strede nad vytáženým priestorom a smerom o okraju poklesovej kotliny sa poklesy zmenšujú. Charakteristické sú body nad okrajom porubu, ktorých veľkosť poklesu nadobúda polovičnú hodnotu z maximálneho poklesu – obr. 7. [7]



Obrázok 7 Pohyby bodov v poklesovej kotline [7]

Keďže presnosť poklesu závisí od presnosti určenia nadmorskej výšky bodu, tak strednú chybu poklesu vypočítame z:

$$m_{s_{\Delta t_{1,2}}}^2 = m_{H_{t_2}}^2 + m_{H_{t_1}}^2 \quad (4)$$

Testom štatistickej hypotézy zhodnocujeme potvrdenie určených poklesov. Dokazujeme tak, či výsledné hodnoty sú dôsledkom chyby merania alebo ide o skutočný pohyb. [3]

$s < m_s$	➔	nepotvrdený pokles
$m_s < s < 2m_s$	➔	podozrenie na pokles
$s > 2m_s$	➔	potvrdenie poklesu

2.3.2. Naklonenie

Ďalšou charakteristickou hodnotou pre deformácie na povrchu je naklonenie (denivelácia). Z podoby poklesovej kotliny plynie, že hodnoty poklesov sa zväčšujú

smerom dovnútra poklesovej kotliny a tým dochádza k nakloneniu terénu. Naklonenie teda vyjadruje úklon terénu na danom mieste v mm/m alebo v %. [7]

Naklonenie môžeme určovať:

- priamo – pomocou prístrojov
- nepriamo – z poklesu dvoch susedných bodov.

Z nameraných hodnôt poklesu dvoch susedných bodov a vzdialenosti medzi nimi môžeme potom naklonenie určiť ako:

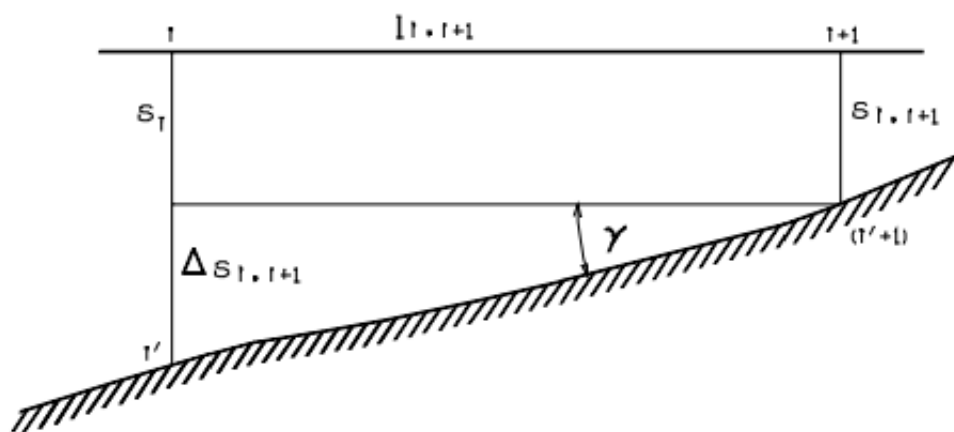
$$i_{i,i+1} = \frac{s_{i+1} - s_i}{l_{i,i+1}} \quad (5)$$

kde: s_i, s_{i+1} - poklesy dvoch za sebou nasledujúcich bodov

$l_{i,i+1}$ – vodorovná vzdialenosť medzi bodmi. [7]

Uhol γ odpovedajúci nakloneniu je:

$$\gamma = \arctg i_{i,i+1} \quad (6)$$



Obrázok 8 Naklonenie [7]

Strednú chybu naklonenia počítame zo strednej chyby poklesu a strednej chyby meranej dĺžky.

$$m_{i_{i,i+1}} = \pm \frac{1}{l_{i,i+1}} \sqrt{2 * m_s^2 * i_{i,i+1}^2 * m_l^2}. \quad (7)$$

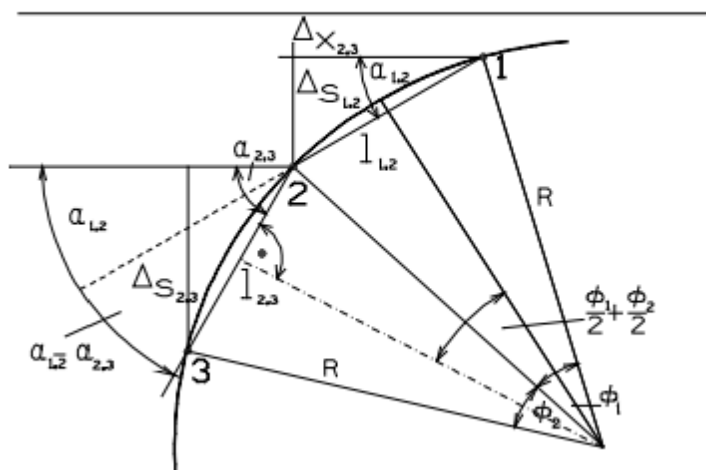
Výraz (7) je možné zjednodušiť zanedbaním vplyvu z určenia vzdialenosti, pretože štvorec naklonenia 50 mm/m v oblúkovej miere dosahuje hodnotu 0,0025 oproti hodnote 2 pri strednej chybe určenia poklesu. Výraz sa potom zjednoduší na:

$$m_{i,i+1} = \pm \frac{m_s}{l_{i,i+1}} \sqrt{2} \quad (8)$$

Z výrazu (8) potom vyplýva, že presnosť naklonenia sa zvýši zväčšením vzdialenosti medzi danými bodmi. [11]

2.3.3. Zakrivenie

Zaoblený tvar kotliny je tvorený na svahoch zakrivenými plochami s rôznym polomerom zakrivenia ρ . Tieto plochy môžu nadobudnúť dva tvary. Na okraji kotliny kde svah začína poklesávať je terén konvexný a na dne poklesovej kotliny konkávny. Zakrivenie sa najčastejšie vyjadruje polomerom oblúka, ktorý sa dotýka svahovej krivky. Polomer zakrivenia teda určujeme z dĺžok z troch za sebou idúcich bodov a ich naklonenia.[7]



Obrázok 9 Polomer zakrivenia [7]

Výpočet polomeru zakrivenia teda dostaneme podľa vzorca:

$$R = \frac{1}{2} \frac{l_{1,2} + l_{2,3}}{i_{2,3} - i_{1,2}} \quad (9)$$

Strednú chybu polomeru zakrivenia určíme ako:

$$m_R = \frac{Rm_i}{i_{2,3}-i_{1,2}}\sqrt{2} \quad (10)$$

Je zrejmé, že polomer zakrivenia R je tým menší, čím väčší je pokles s a čím menšia je hĺbka dobývania H . Za rovnakých podmienok má dobývanie v malých hĺbkach za následok väčšie zakrivenie svahu, a teda vznikajú väčšie deformácie na povrchu. [7]

2.4. Princíp teoretického výpočtu vplyvu banskej činnosti

Na výpočet teoretického modelu poklesu, konkrétne statického bol použitý program Subsch od prof. Ing. Jana Schenka, CSc. Program slúži taktiež aj na výpočet deformácií v poklesovej kotline ako sú naklonenie, vodorovné pretvorenie, polomer zakrivenia a krivosť.

Ako základ pre modelový výpočet sa pokles vypočíta podľa vzorca:

$$s=M*a*e*z \quad (11)$$

kde: s – pokles bodu
 M – mocnosť dobývanej sloje
 a – súčiniteľ dobývania
 e – súčiniteľ účinnosti
 z – časový súčiniteľ.

Veľkosť poklesu je za rovnakých geometrických a geomechanických podmienok dobývania závislý na polohe daného miesta na povrchu oproti dobývanej ploche, t.z. na veľkosti súčiniteľa účinnosti. Súčiniteľ dobývania je koeficient, ktorý závisí na spôsobe dobývania ložiska. [12]

Časový súčiniteľ určuje dynamickú hodnotu poklesu a zakladá sa na rýchlosti dobývania, geologických vlastnostiach nadložia. Existuje viacero časových funkcií napr. Knoteho, Čechurova, Perzova, Schenkova. [12]

3 METÓDY URČOVANIA ZVISLÝCH POSUNOV (POKLESOV)

Pri výbere metódy merania posunov a pretvorení musíme rozlíšiť, čo spôsobuje dané zmeny a ako vznikajú. Povrchová a hlbinná antropogénna činnosť súvisiaca s umelými stavbami (hlboké zárezy a výkopy) a ťažbou minerálov a hornín, podmieňujú vznik zosunov pôdy a pretvorení stavebných objektov. V záujme preventívnej ochrany sa vykonávajú dlhodobé etapovité merania, ktorých cieľom je objasňovať kinematiku zosuvných a poklesových procesov. [1]

Meranie posunov a pretvorení môžeme určiť podľa metód na geodetické a negeodetické (označované aj ako fyzikálne metódy merania). Voľba metódy a prístrojové vybavenie závisí od prostredia, veľkosti a charakteru posunu a vyžadovanej presnosti merania.

3.1. Trigonometrická nivelácia

Trigonometrickou metódou môžeme pozorovať polohové zmeny bodov v priestore. Využíva sa hlavne v prípade veľmi členitého územia alebo tam kde nie je možné vykonať meranie geometrickou niveláciou a je to v podstate nivelácia so sklonenou zámerou ($\beta \neq 0$ resp $Z \neq 0$). Táto metóda je rýchla ale menej presná. Použitím elektronických teodolitov dosahujeme presnosť technickej nivelácie. Podstata trigonometrickej nivelácie má základ v riešení pravouhlého trojuholníka, kedy meriame veličiny potrebné na jeho vyriešenie. Zvislé posuny pozorovaných bodov sa určujú z meraných výškových (zenitových) uhlov, vodorovných alebo šikmých vzdialeností a výšky cieľa.

3.1.1. Postup merania v nivelačnom ťahu

Pri známej výške bodu A, výšky bodov P_1, P_2, \dots, P_i , vypočítame z rovníc:

$$H_1 = H_A + \Delta H_{A1}$$

$$H_2 = H_1 + \Delta H_{12}$$

$$\vdots$$

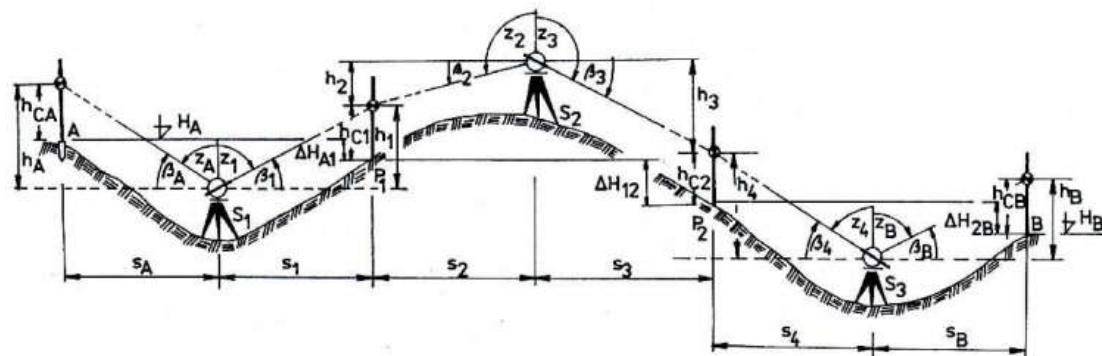
$$H_B = H_{n-1} + \Delta H_{(n-1)B},$$

Jednotlivé prevýšenia medzi bodmi určíme z:

$$\Delta H_{A1} = (h_{cA} - H_A) - (h_{c1} - h_1) = s_A \operatorname{tg} \beta_1 - s_A \operatorname{tg} \beta_A + (h_{c1} - h_1)$$

$$\Delta H_{12} = (h_{c1} - H_2) - (h_{c2} - h_3) = s_3 \operatorname{tg} \beta_3 - s_2 \operatorname{tg} \beta_2 + (h_{c1} - h_{c2})$$

$$\Delta H_{2B} = (h_{c2} - H_4) - (h_{cB} - h_B) = s_B \operatorname{tg} \beta_B - s_4 \operatorname{tg} \beta_4 + (h_{c2} - h_{cB}). [10]$$



Obrázok 10 Princíp trigonometrickej nivelácie [10]

Ak sú dĺžky väčšie ako 200 m, k vypočítaným prevýšeniam pripojíme opravy z refrakcie a zo zakrivenia zeme.

3.1.2. Posudzovanie presnosti nivelačného merania

Presnosť nivelačného ťahu charakterizuje stredná kilometrová chyba m_0 . Určíme ju z dvakrát meraného nivelačného ťahu. Táto chyba sa určí podľa vzorca:

$$m_0 = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{n} \left[\frac{dd}{s} \right]} \quad (12)$$

Zo samotnej strednej kilometrovej chyby neviem posúdiť, či sme splnili požadované kritérium presnosti. Dozvieme sa to až po porovnaní s príslušnými krajnými odchýlkami. Kritéria sa uvádzajú pre jednotlivé časti nivelačnej siete: nivelačný oddiel (dĺžka R km), nivelačný úsek (ťah) alebo polygón (dĺžka L km) a delia sa podľa rádu nivelačnej siete. [1]

Tabuľka 1 Krajn  odchýlky v nivelačnom úseku

R�d nivelačnej siete	I.	II.	III.	IV. a plošne nivel. siete
ρ_{\max}	$1,5 * \sqrt[3]{L^2}$	$2,25 * \sqrt[3]{L^2}$	$3 * \sqrt[3]{L^2}$	$5 * \sqrt[3]{L^2}$

V technickej nivel ci  pri obojsmernom meran  prev  senia je kritériom presnosti krajn  odchýlka medzi dvakrát meraním prev  sen m a určí sa zo vzorca:

$$\Delta_{\max} = 0,67 * 40 * \sqrt{L} \quad (13)$$

pri zvy senej presnosti:

$$\Delta_{\max} = 0,67 * 20 * \sqrt{L} \quad (14)$$

Súčasne platí aj krajn  odchýlka merania. Krajn  odchýlku pre stredn  kilometrov  chybu m_0 obojsmernej nivelácie pre jednotlivé rády nivelačných sietí sú ur  en  hodnotami uveden ymi v tabuľke 2.[1]

Tabuľka 2 Krajn  odchýlky strednej kilometrovej chyby

R�d nivelačnej siete	I.	II.	III.	IV. a plošne nivel. siete
ρ_{\max}	$0,4 + \frac{0,71}{\sqrt{n_R}}$	$0,45 + \frac{0,8}{\sqrt{n_R}}$	$0,6 + \frac{1,06}{\sqrt{n_R}}$	$1,0 + \frac{1,77}{\sqrt{n_R}}$

Ako už bolo spomenut  presnosť nivelácie je charakterizovaná strednou kilometrovou chybou, pričom sa prakticky jedná o dvojice merania nerovnakej váhy, kedy váha je nepriamo  mern  dĺžke oddielu. Potom kontrolu merania ur  ime výpočtom diferencií d a ich preveden m na rovnorod  súbor vyn soben m pr slu n ymi váhami. Potom musí platí rovnosť $\left[pd^2 = \frac{d^2}{s} \right]$.

Presnosť, s ktorou určíme výšky bodov závisí od presnosti určenia počiatočného bodu, presnosť pripojenia a presnosť nivelácie. Výslednú presnosť výšky bodu určíme podľa:

$$m_B^2 = m_{VB}^2 + m_{PP}^2 + m_{PS}^2 \quad (15)$$

kde: m_{VB}^2 - presnosť východzieho bodu

m_{PP}^2 - presnosť pripojenia

m_{PS}^2 - presnosť vlastnej nivelácie.

Presnosť pripojovaného ťahu je určená dĺžkou ťahu a presnosťou zvolenej metódy, ktorú definuje stredná kilometrová chyba m_0 .

$$m_{pp} = \pm m_0 * \sqrt{L} \quad (16)$$

3.2. Ostatné metódy určovania poklesov

Geometrická nivelácia je najpoužívanejšou a najbežnejšou metódou na určovanie výšok bodov či poklesov je. Pri geometrickej nivelácii sa výškové rozdiely medzi dvoma bodmi určujú z rozdielu čítaní, ktoré získame pomocou vodorovných zámer nivelačného prístroja na nivelačných latách postavených kolmo na týchto bodoch – nivelačná zostava. Tento princíp merania nazývame aj geometrická nivelácia zo stredy.

Meranie hydrostatickou niveláciou využíva fyzikálne zákonitosti Bernoulliho javu. Princíp spočíva v dvoch nádobách spojených hadicou, v ktorých je kvapalina. Merací rozsah prevýšenia bodov je spravidla 100 mm (± 50 mm). Prevýšenie medzi bodmi určíme zmeraním výšky hladín v jednotlivých nádobách. Táto metóda je vhodná najmä na meranie výškových zmien v ťažko prístupných pozorovaných bodov, kde sa vyžaduje presnosť veľmi presnej nivelácie, t.z. presnosť 0,1 – 0,01 mm. Ide však o relatívnu presnosť oproti jednému bodu, ktorý je považovaný za počiatočný. V poslednej dobe sa na hydrostatické nivelovanie používajú elektronické hydrostatické systémy s priamym čítaním polohy hladiny na báze CCD snímačov alebo elektronickou dotykovou ihlou.[6]

Prednosťou fotogrametrických metód oproti ostatným geodetickým metódam je rýchlosť a možnosť zamerať posuny veľkého množstva bodov na rozsiahlej ploche, či už v horizontálnom alebo vertikálnom smere. Do úvahy prichádza hlavne metóda pozemnej fotogrametrie s časovou alebo reálnou priestorovou základnicou. Nevýhodou fotogrametrického merania je, že výsledné hodnoty merania máme k dispozícii až po laboratórnom spracovaní a vyhodnotení snímok. Presnosť merania ovplyvňuje viacero faktorov ako sú snímková mierka, konštanty fotokamery, odľahlosti od meraného objektu a kvality snímkového materiálu. [4]

3.3. Pozorovacie stanice a ich rozdelenie

Pozorovacie stanice sa využívajú na sledovanie vplyvu banskej činnosti pri ťažbe nerastných ložísk. Ide o sieť stabilizovaných bodov, ktoré sa periodicky premeriavajú. Spôsob stabilizácie a vzdialenosť bodov závisí od rozsahu a účelu pozorovacích staníc. Podľa účelu pozorovacie stanice delíme na [11]:

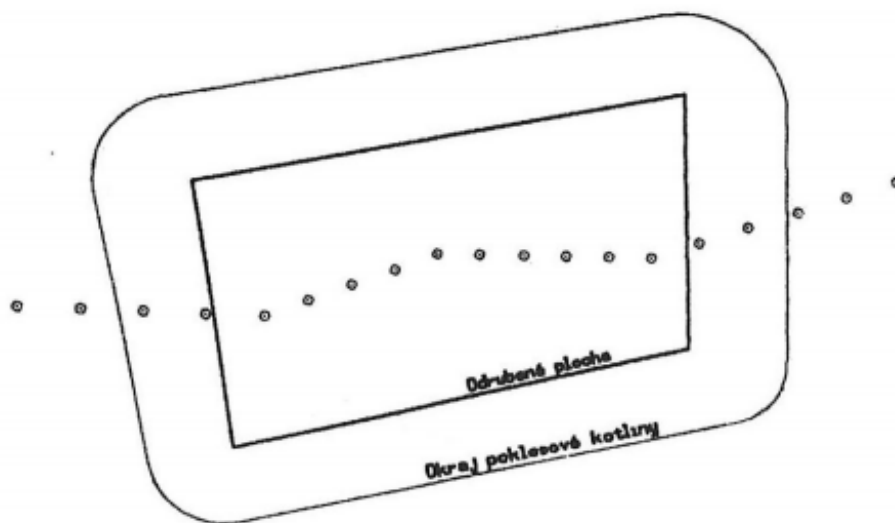
- pozorovanie poklesov
- pozorovanie posunov
- pozorovanie vodorovných pretvorení
- pozorovanie naklonenia
- zmiešané a viacúčelové.

Väčšinou sa na pozorovacích staniach sleduje pokles, ktorého veľkosť sa dá určiť jednoducho a s dostatočne presnými metódami. Stabilizácia bodov pozorovacej stanice je závislý od rozsahu a účelu.

Tvar pozorovacej stanice je závislý od veľkosti poklesovej kotliny a môže byť [11]:

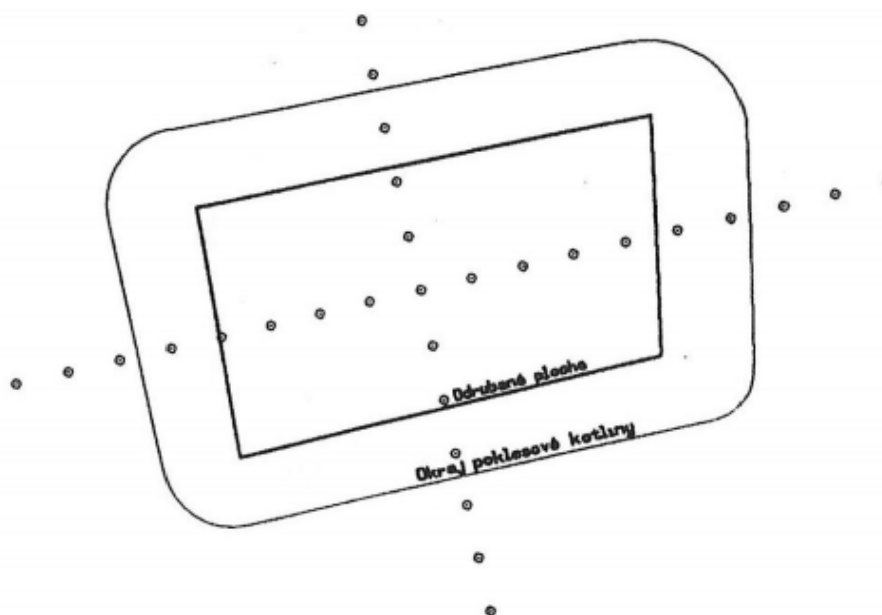
- líniový - v tvare priamky
 - tvar osového kríža
 - v tvare lomenej priamky
 - trojuholníkový reťazec
- plošný - trojuholníková sieť

- štvorcová sieť
- sieť nepravidelne roztrúsených bodov.



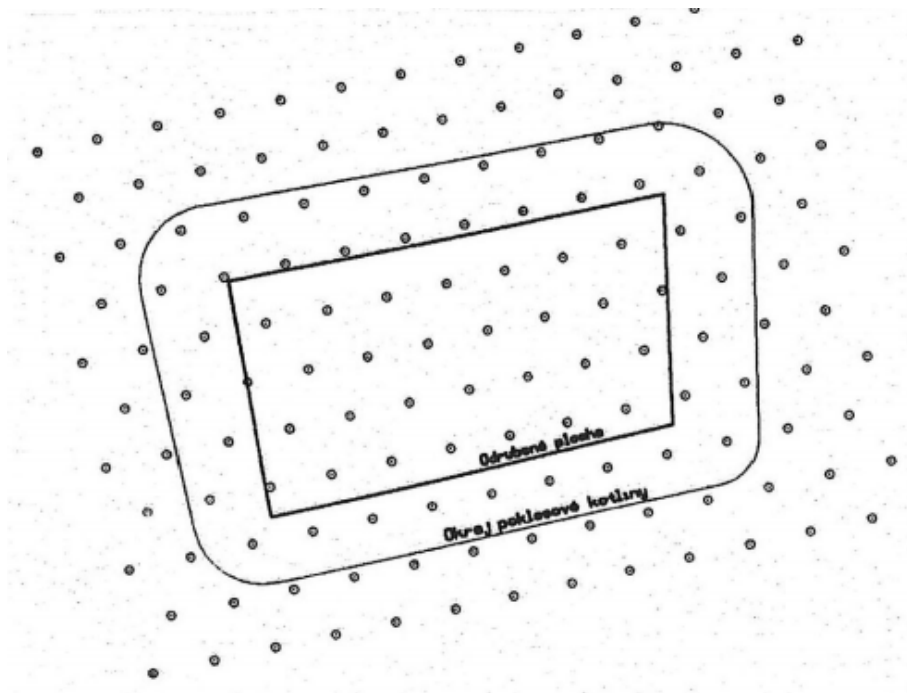
Obrázok 11 Líniová pozorovacia stanica - lomená priamka [11]

Líniový typ pozorovacích staníc sa zakladá predovšetkým tak, aby zachytil stred a okraje poklesovej kotliny. Nevýhodnosť staníc tohto typu spočíva v tom, že namerané hodnoty (krivosť, naklonenie, vodorovné pretvorenie) platia len v smere línie a nemusia byť maximálnymi hodnotami. [11]



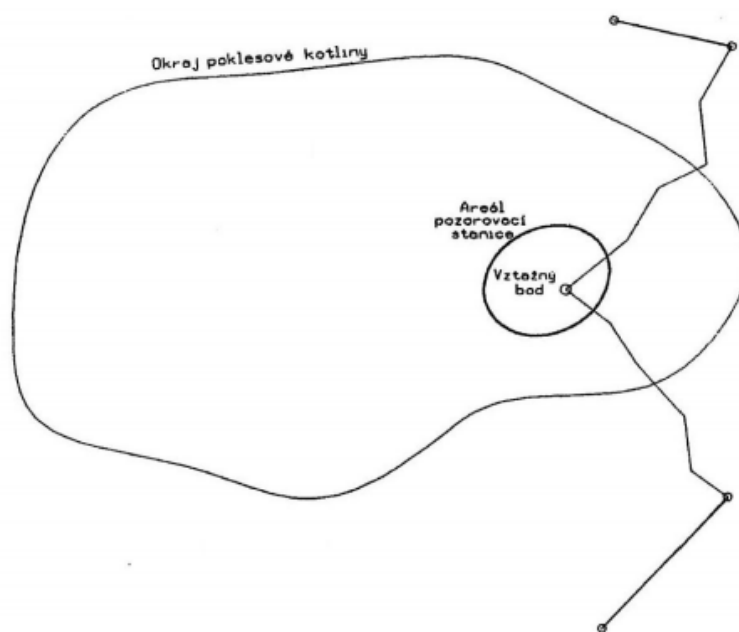
Obrázok 12 Líniová pozorovacia stanica - osový kríž [11]

Najlepším spôsobom na zachytenie deformácií a ich smeru sú plošné pozorovacie stanice. Ich význam je hlavne pri spresňovaní parametrov funkcií pre predbežné výpočty deformácií v poklesovej kotline. Avšak ich nevýhodou je prácnosť merania, finančné náklady a veľmi veľký rozsah. [11]

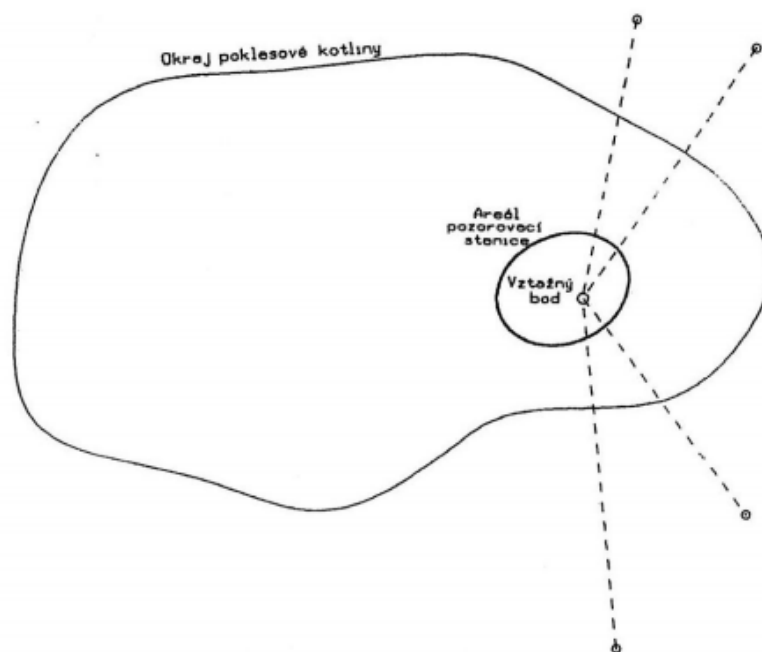


Obrázok 13 Plošná pozorovacia stanica v tvare trojuholníkovej siete [11]

Pri väčšej hĺbke a veľkom rozsahu dobývania sa pozorovacie stanice zriaďujú tak, že sa musia pripojiť z územia, ktoré nie je ovplyvnené banskou činnosťou. Pripojenie vzťažných bodov na sledovanie poklesov je možno vykonať pomocou geometrickej nivelácie. K určovaniu posunov je možné pripojenie vykonať trianguláciou alebo trilateráciou, polygómom alebo pomocou metódy GPS. [11]



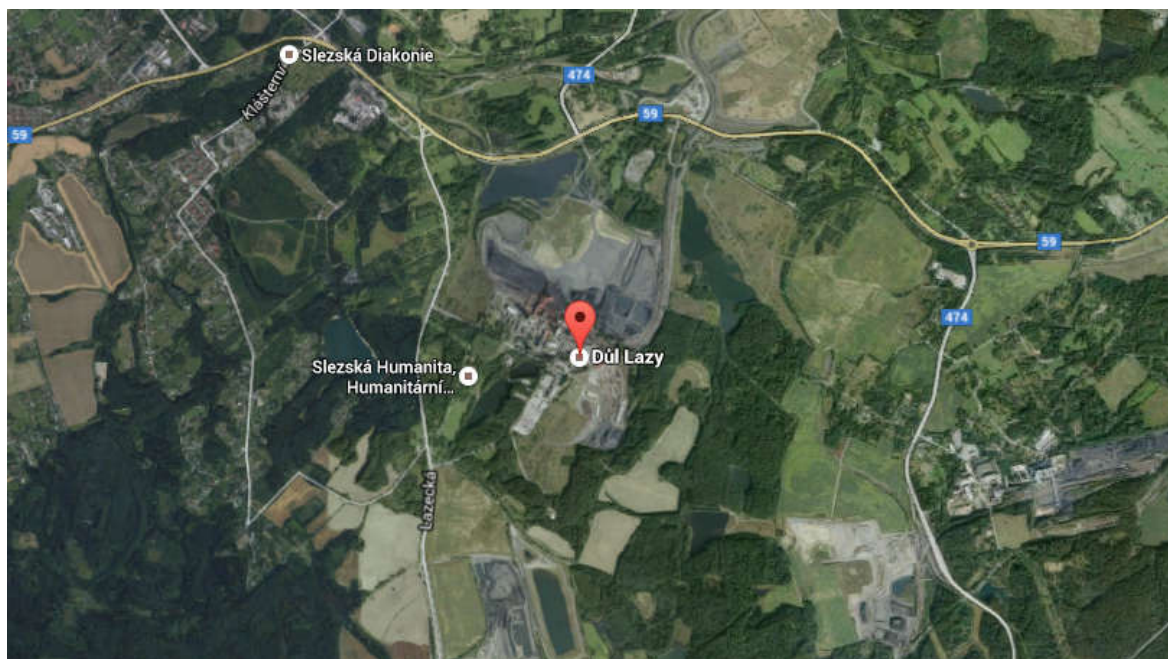
Obrázok 14 Pripojenie pozorovacej stanice pomocou polygónového ťahu [11]



Obrázok 15 Pripojenie pozorovacej stanice pomocou GPS [11]

4 CHARAKTERISTIKA ÚZEMIA

Lokalita Lazy v Orlovej je banské dielo na ťažbu čierneho uhlia, ktoré sa nachádza v juhozápadnej časti ostravsko-karvinskej uholnej panvy, pre ktorú je taktiež zaužívaný termín Ostravsko-karvinský revír. Jedná sa o najrozsiahlejšiu uhoľnú panvu v Česku. Dobývací priestor sa nachádza v katastroch obcí Orlová a Karviná približne 20 kilometrov od Ostravy.



Obrázok 16 Poloha bane Lazy

4.1. História a geologická charakteristika

V banskom revíre katastra obcí Orlová a Lazy začali prvé dobývacie práce už v roku 1811 tzv. „mělkými doly“. Jedna z týchto jám, ktorá tu ostala i pre neskoršie dobývanie bola z roku 1835 a nazývala sa Stará strojná jama (Altmaschinenschaft). Ďalšou významnou šachtou sa stala v roku 1898 Nová jama (Neuschacht) na ktorej základoch, reorganizácii a rekonštrukcii vznikla v roku 1991 baňa Lazy. [15]

V súčasnosti ťažbu uhlia prevádzkuje spoločnosť OKD, a.s.. Dňa 1. januára 2015 sa baňa Lazy premenoval na Důlní závod 1, ktorý vznikol zlúčením pôvodných závodov Darkov a Karviná. Rozloha banského poľa je 6,06 km².

Hĺbka dobývaného priestoru je približne 800 až 900 m. V súčasnosti sa v lokalite Lazy ťaží v sedlových slojoch karvinského súvrstvia, to znamená v mocných slojoch až 6 metrov a taktiež sú ťažené sloje porubských vrstiev ostravského sloja o mocnosti 0,8 - 1,5 metra. Dobývanie mocných slojov vykonávajú buď raziace kombajny alebo raziace komplexy metódou smerného stenovania na riadený zával. Ťažba je realizovaná z porubov vybavených mechanizovanou výstužou a dobývacími kombajnmi v mocných slojoch a v nízkych slojoch individuálnou hydraulickou výstužou a pluhom. [9]

Pre ďalšie informácie vid' napr.[9][15].

4.2. Bansko – technické informácie o poruboch

Poruby 140 704 a 140 706 sa nachádzajú v 40. sloji v oblasti 7. kry Důlní závod 1, lokalita Lazy. Dobývaná časť sa nachádza v hĺbke približne 750 m pod povrchom.

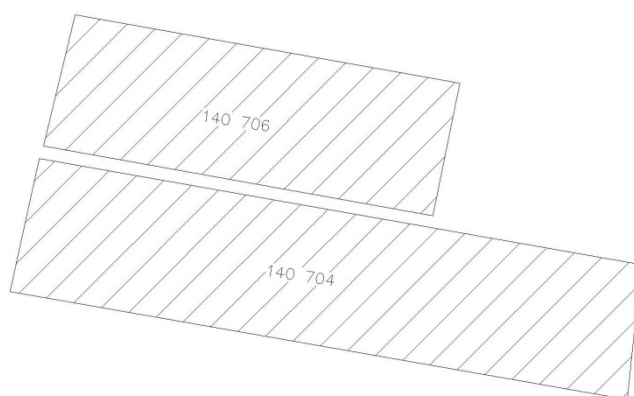
Začiatok dobývania porubu 140 704 bolo zahájené 1.7. 2013 metódou smerného stenovania na riadený zával. Dobývanie bolo ukončené v októbri 2014. Začiatok tohto porubu z časti zasahuje do dobývacieho priestoru Karviná Doly II.

Dobývacie práce na porube 140 706 začali v apríli 2015 a boli ukončené 29. 10 2016. Použitá metóda bola taktiež smerné stenovanie na riadený zával.

4.2.1. Parametre porubov

Číslo porubu:	140 704
Sloj č.:	40
Mocnosť:	cca 5 m
Šírka:	190 m
Smerná dĺžka:	850 m
Metóda dobývania:	smerné stenovanie (koef. dobývania: $a = 0,9$)

Číslo porubu:	140 706
Sloj č.:	40
Mocnosť:	cca 5 m
Šírka:	190 m
Smerná dĺžka:	560 m
Metóda dobývania:	smerné stenovanie (koef. dobývania: $a = 0,9$)



Obrázok 17 Náčrt porubov 140 704 a 140 706

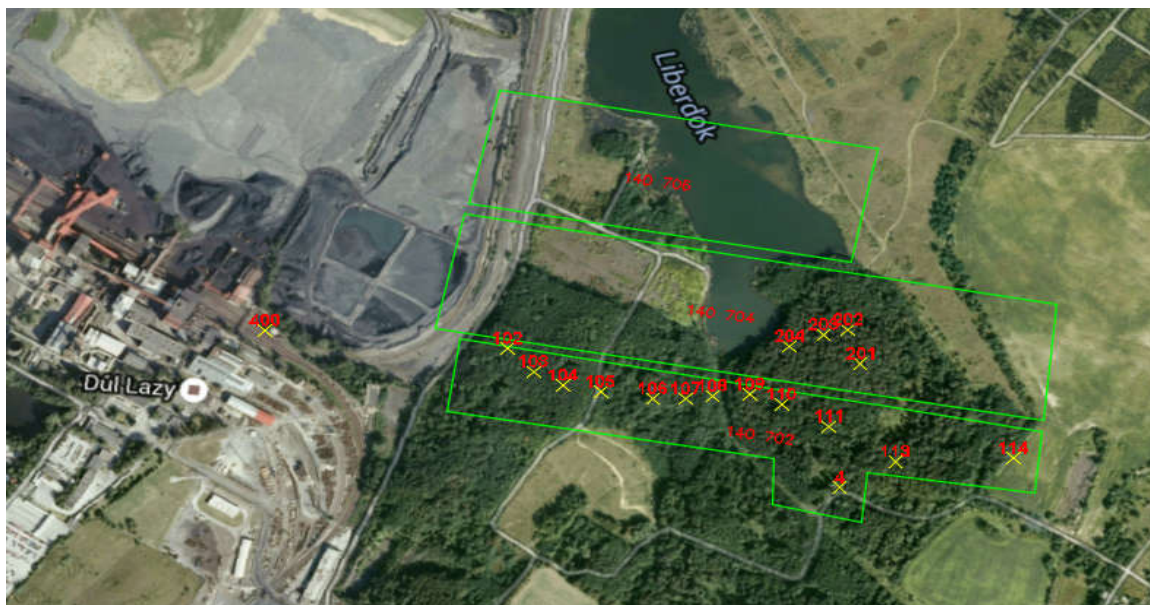
4.3. Pozorovacia stanica v oblasti Důlní závod 1

Jedná sa o líniovú pozorovaciu stanica v tvare lomených priamok. Skladá sa zo 17 bodov, ktoré vytvárajú dve priamky. Prvá priamka sa skladá z bodov 400, 102 – 111, 113, 114 a nachádza nad porubom 140702. Druhá priamka sa skladá taktiež z bodov 400, 102 – 111 a z bodov 201 – 204, ktoré sú umiestnené nad porubom 140704.

Pozorovacia stanica začína na bode 400, ktorý sa nachádza v ochrannom pilieri jamy a ktorého polohu a výšku každý rok kontroluje hlavný banský merač. Začiatok úseku priamky je rovinatý a prechádza okolo železničnej trate. Následne klesá zo železničného násypu do druhého úseku, ktorý je charakteristický veľkou členitosťou terénu, miestami strmými svahmi a hustou vegetáciou.

Druhá priamka nadväzuje na priamku č. 1 na bode č 111, ktorý sa nachádza v druhej tretine porubu 140 702. Z neho sa prechádza na body 201 – 204. Vzhľadom na to,

že stredná časť povrchu nad porubom 140 704 je zaplavená, tak sú tieto body situované len v jednej časti nad porubom.



Obrázok 18 Rozmiestnenie bodov pozorovacej stanice

Stabilizácia bodov pozorovacej stanice bola vykonaná dávnejšie v minulosti a nie všetky body sa zachovali do dnes. Body sú stabilizované plastovými medzníkmi PLASTMARK.



Obrázok 19 Bod pozorovacej stanice

5 TERÉNNÉ PRÁCE

Meračské práce prebiehali na pozorovacích bodoch nad porubmi 140702 a 140704 v dobývanej 40. sloji v oblasti 7. kry. Na meranie bola použitá trigonometrická nivelácia s použitím totálnej stanice Leica TCR 1202+. Každé meranie začínalo na bode 400. V súčasnosti má výška tohto bodu hodnotu 255,469 m.

Meranie bolo rozdelené na tri etapové merania. V rámci každej etapy sa merali obe priamky a nivelačný ťah tam a späť.

Prvé meranie prebehlo na jeseň 8.12. 2015. Podmienky na meranie boli dobré, polojasno s miernym vetrom a teplotou 17°C.

Druhá etapa sa uskutočnila 15.2. 2016. Počas tohto merania boli poveternostné podmienky pomerne nepriaznivé, teplota 10°C, zamračené s občasnými dažďovými prehánkami.

Tretiu etapu merania som vykonal dňa 12.4. 2016 za priaznivých poveternostných podmienkach – polojasno s teplotou okolo 13°C.

Všetky etapy merania výšok bodov pozorovacej stanice prebehli po skončení dobývacích prác.

5.1. Prístroje a pomôcky

Na trigonometrickú niveláciu pri meraní výškových uhlov a vodorovných vzdialeností bola použitá totálna stanica Leica TCR 1202+. Táto totálna stanica dosahuje vysokú presnosť merania uhlov a dĺžok na hranol aj bez hranola vďaka čomu má široké uplatnenie.



Obrázok 20 Totálna stanica Leica TCR 1202+

Tabuľka 3 Technické parametre

Zväčšenie ďalekohľadu	30x
Uhlová presnosť	2 "
Obvyklý výsledok kalibrácie uhlov	< 1"
Dĺžková presnosť	2 mm + 2,0 ppm
Obvyklý výsledok kalibrácie dĺžok	1,1 mm
Dosah na 1 hranol	10 000 m
Bezhranolvý diaľkomer	200 m pri 90 % reflektívite
Interná pamäť	vymeniteľná CF karta

Ďalšími použitými pomôckami boli:

- statív Leica
- 2x odrazný hranol Leica
- 2x výtyčka

6 VYHODNOTENIE VÝSLEDKOV MERANIA

Namerané dáta boli spracované v programe Groma a následné výpočty poklesov, naklonení, medzných odchýliek a tvorba grafov prebehla v programe MS Excel 2010. Výpočet teoretického poklesu povrchových bodov bol uskutočnený v programe Subsch. Modelový výpočet bol vykonaný pre poruby 140 704 a 140 706, ktoré najvýznamnejšie ovplyvňujú vznik poklesovej kotliny.

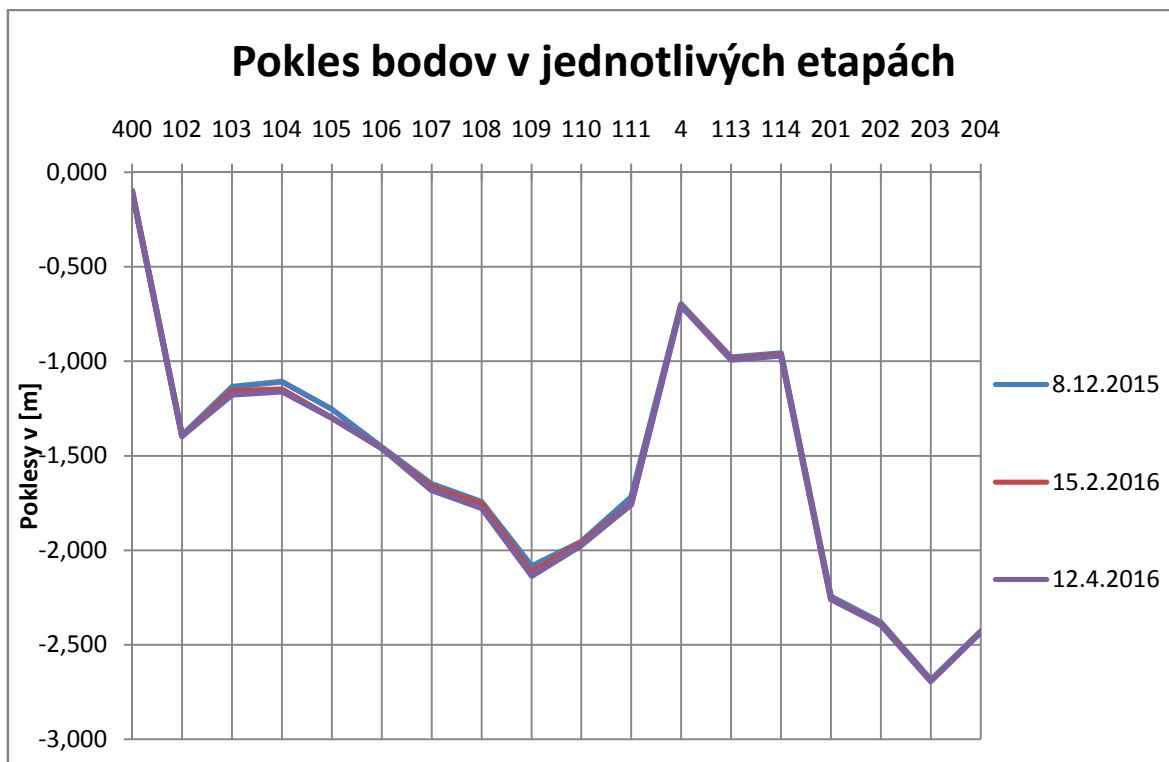
6.1. Určenie poklesov

V nasledujúcej tabuľke sú porovnané výšky bodov a následne vypočítané poklesy v jednotlivých etapách. Za nultú etapu sú zvolené výšky namerané Ing. Mrožíkom k dňu 20.3. 2013 a pre body 201 až 204 výšky z dňa 9.1.2014 namerané Ing. Patočkom.

Tabuľka 4 Pokles bodov v jednotlivých etapách merania

Číslo bodu	Pokles [m]		
	1. etapa	2. etapa	3. etapa
400	-0,100	-0,100	-0,100
102	-1,390	-1,395	-1,397
103	-1,135	-1,157	-1,178
104	-1,108	-1,148	-1,161
105	-1,254	-1,299	-1,301
106	-1,453	-1,459	-1,461
107	-1,649	-1,667	-1,684
108	-1,744	-1,754	-1,779
109	-2,084	-2,116	-2,137
110	-1,954	-1,960	-1,974
111	-1,719	-1,755	-1,759
4	-0,698	-0,704	-0,707
113	-0,979	-0,986	-0,993
114	-0,957	-0,966	-0,971
201	-2,244	-2,256	-2,260
202	-2,382	-2,390	-2,396
203	-2,684	-2,691	-2,694
204	-2,428	-2,433	-2,437

Prehľadnejšie znázornenie poklesov všetkých bodov môžeme vidieť na grafe č. 1.



Graf 1 Pokles bodov v jednotlivých etapách

6.2. Rozbor presností

Posúdenie presností nivelačných ťahov bolo vykonané na základe kritérií pre krajnú odchýlku nivelačného úseku a pre krajnú kilometrovú chybu podľa tabuľky č.1 resp. tabuľky č.2 pre nivelačné siete IV. rádu.

6.2.1. Charakteristika presností merania

Z tabuľky č.5 je zrejmé, že podľa dosiahnutej krajnej odchýlky medzi obojsmerným nivelovaným prevýšením môžeme do kategórie presnej spadajú všetky merania, pretože spĺňajú kritérium krajnej odchýlky.

Tabuľka 5 Porovnanie krajných odchýlok

	1.etapa		2.etapa		3.etapa	
Meračská priamka	1	2	1	2	1	2
Dĺžka úseku L [km]	1,214	1,179	1,206	1,152	1,223	1,167
Meraná odchýlka [mm]	2,83	2,81	-3,65	-0,84	-1,68	-2,03
Krajná odchýlka pre presnú niveláciu [mm]	5,69	5,58	5,67	5,49	5,72	5,54

Pri výpočtoch stredných kilometrových chýb sú kvôli prehľadnosti uvedené len sumárne hodnoty. Kompletne výpočty a tabuľky sú súčasťou príloh.

Tabuľka 6 Rozbor presnosti nivelačného ťahu 1. etapy

Počet oddielov	Priamka	Prevýšenie [m]		Dĺžka oddielu [km]	Rozdiel [mm]			
		tam	späť					
n		l'	l''	s	d	d ²	pd ²	d ² /s
15	1	5,5862	-5,5833	1,214	2,83	10,833	166,360	166,360
16	2	-18,1820	18,1814	1,179	2,81	12,117	203,362	203,362

Stredná kilometrová chyba 1. priamky:

$$m_0 = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{n} \left[\frac{dd}{s} \right]} = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{15} [166,360]} = \pm 1,67 \text{ mm}$$

Stredná kilometrová chyba 2. priamky:

$$m_0 = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{n} \left[\frac{dd}{s} \right]} = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{16} [203,362]} = \pm 1,78 \text{ mm}$$

Kontrola:

$$\left[pd^2 = \frac{d^2}{s} \right] \Rightarrow 166,360 = 166,360$$

$$\left[pd^2 = \frac{d^2}{s} \right] \Rightarrow 203,362 = 203,362$$

Podmienky rovnosti boli splnené.

Tabuľka 7 Rozbor presnosti nivelačného ťahu 2. etapy

Počet oddielov	Priamka	Prevýšenie [m]		Dĺžka oddielu [km]	Rozdiel [mm]			
		tam	späť					
n		l'	l''	s	d	d ²	pd ²	d ² /s
14	1	5,5754	-5,5790	1,206	--3,65	35,465	468,671	468,671
15	2	-18,1513	18,1496	1,152	-0,84	30,763	499,151	499,151

Stredná kilometrová chyba 1. priamky:

$$m_0 = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{n} \left[\frac{dd}{s} \right]} = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{14} [468,671]} = \pm 2,89 \text{ mm}$$

Stredná kilometrová chyba 2. priamky:

$$m_0 = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{n} \left[\frac{dd}{s} \right]} = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{15} [499,151]} = \pm 2,88 \text{ mm}$$

Kontrola:

$$\left[pd^2 = \frac{d^2}{s} \right] \Rightarrow 468,671 = 468,671$$

$$\left[pd^2 = \frac{d^2}{s} \right] \Rightarrow 499,151 = 499,151$$

Podmienky rovnosti boli splnené.

Tabuľka 8 Rozbor presnosti nivelačného ťahu 3. etapy

Počet oddielov	Priamka	Prevýšenie [m]		Dĺžka oddielu [km]	Rozdiel [mm]			
		tam	späť					
n		l'	l''	s	d	d ²	pd ²	d ² /s
14	1	5,5179	-5,5736	1,223	-1,68	3,444	56,957	56,957
15	2	-18,1595	18,1587	1,168	-2,03	10,338	170,543	170,543

Stredná kilometrová chyba 1. priamky:

$$m_0 = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{n} \left[\frac{dd}{s} \right]} = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{14} [56,957]} = \pm 1,01 \text{ mm}$$

Stredná kilometrová chyba 2. priamky:

$$m_0 = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{n} \left[\frac{dd}{s} \right]} = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{15} [170,543]} = \pm 1,69 \text{ mm}$$

Kontrola:

$$\left[pd^2 = \frac{d^2}{s} \right] \Rightarrow 56,957 = 56,957$$

$$\left[pd^2 = \frac{d^2}{s} \right] \Rightarrow 170,543 = 170,543$$

Podmienky rovnosti boli splnené.

V tabuľke č.9 sú zhrnuté dosiahnuté stredné kilometrové chyby v jednotlivých priamkach pre každú etapu merania. Ako môžeme vidieť krajná odchýlka strednej kilometrovej chyby pre presnú niveláciu je presiahnutá vo všetkých prípadoch merania okrem jedného merania. Najlepšia presnosť bola v 3. etape, kde dosiahnutá chyba bola 1,01 mm a preto toto meranie spĺňa kritérium strednej kilometrovej chyby pre presnú niveláciu. Najväčšia stredná kilometrová chyba bola v druhej etape na 1. meračskej priamke a nadobúda hodnotu 2,89 mm.

Tabuľka 9 Presnosť nivelačných úsekov

	1.etapa		2.etapa		3.etapa	
Meračská priamka	1	2	1	2	1	2
Počet oddielov	15	16	14	15	14	15
Stredná kilometrová chyba - dosiahnutá [mm]	1,67	1,78	2,89	2,88	1,01	1,69
Stredná kilometrová chyba pre presnú niveláciu [mm]	1,46	1,44	1,47	1,46	1,47	1,46

6.2.2. Charakteristika presnosti určenia poklesu

Z predchádzajúceho rozboru presností nivelačných ťahov a na základe hodnôt stredných kilometrových chýb môžeme určiť presnosť poklesu bodov pozorovacej stanice jednotlivých etáp.

Presnosť poklesu je vzťahnutý k meraniam z diplomových prác Ing. Mrožíka a Ing. Patočku. Východzími hodnotami sú:

- $m_0 = 3,68 \text{ mm}$ – pre body 400, 102 – 111, 113, 114
- $m_0 = 2,26 \text{ mm}$ – pre body 201 – 204

Presnosť určenia poklesu potom určíme zo vzorca:

$$m_{p,0-1} = \sqrt{m_{00}^2 + m_{01}^2} = \sqrt{3,68^2 + 1,67^2} = \pm 4,04 \text{ mm}$$

Obdobne získame stredné chyby poklesu aj pre body 201 – 204. Kompletné výpočty sú súčasťou príloh.

Výsledné presnosti poklesu povrchových bodov môžeme vidieť v tabuľke č. 10.

Tabuľka 10 Presnosť určenia poklesu

etapa	m_p - 1. priamky [mm]	m_p - body 201-204 [mm]
1-0	4,04	2,88
2-0	4,68	3,66
3-0	3,82	2,82

Pokles môžeme prehlásiť za dokázaný pomocou testu hypotéz, ak príslušná hodnota poklesu prekročí interval spoľahlivosti (interval konfidencie). Riziko mylného záveru bolo zvolené na 5% a bol určený ako dvojnásobok strednej chyby poklesu. Potom:

$$|pokles| < m_p \quad \text{pokles nedokázaný}$$

$$m_p \leq |pokles| \leq 2m_p \quad \text{podozrenie na pokles}$$


$$|pokles| > 2m_p \quad \text{pokles dokázaný}$$

Tabuľka 11 Dokazovanie poklesov bodov

Číslo bodu	Pokles [m]		
	1. etapa	2. etapa	3. etapa
400	-0,100	-0,100	-0,100
102	-1,392	-1,394	-1,392
103	-1,138	-1,179	-1,137
104	-1,111	-1,098	-1,121
105	-1,257	-1,298	-1,259
106	-1,456	-1,459	-1,456
107	-1,654	-1,688	-1,642
108	-1,748	-1,749	-1,738
109	-2,089	-2,116	-2,045
110	-1,957	-1,948	-1,934
111	-1,723	-1,750	-1,710
4	-0,702	-0,716	-0,705
113	-0,984	-0,972	-0,963
114	-0,961	-0,938	-0,928

Číslo bodu	Pokles [m]		
	1. etapa	2. etapa	3. etapa
201	-2,248	-2,233	-2,218
202	-2,386	-2,417	-2,355
203	-2,689	-2,685	-2,680
204	-2,432	-2,450	-2,392

Legenda:

pokles dokázaný 

7 VÝPOČET TEORETICKÉHO POKLESU BODOV

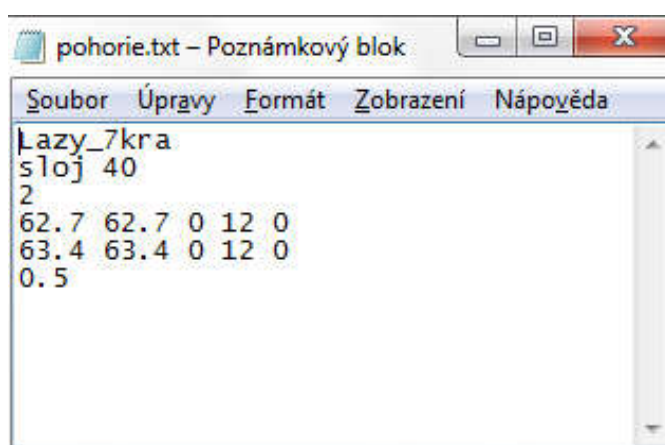
Ako bolo vyššie spomenuté teoretický výpočet prebehol v programe Subsch od prof. Ing. Jana Schenka, CSc. Metodiku výpočtu a bližšie informácie o tomto programe môžeme nájsť v publikácii od autora samotného programu viď [12].

V tejto práci bol teoretický pokles počítaný zvlášť pre body prvej meračskej priamky a body 201 -204 na poruboch 140 704 a 140 706.

7.1. Vstupné dáta

Základnými vstupnými dátami sú tri textové súbory s údajmi o pohorí, o porube a o povrchu. Tieto súbory je možné vytvoriť zadáním hodnôt do formuláru priamo v programe alebo ručným vypísaním údajov.

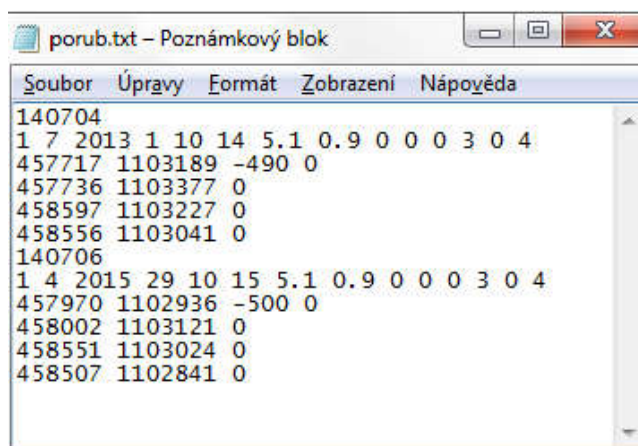
Prvým súborom na výpočet sú dáta o danej lokalite, pohorí. Formát textového súboru je nasledovný. Prvý a druhý riadok obsahuje meno podniku a ovplyvnenú oblasť. V treťom riadku je počet rôznych parametrov, čo slúži v prípade výpočtu pre viac porubov. Štvrtý riadok tvoria parametre pohoria – vonkajší a vnútorný medzný uhol, posunutie hrany porubu, trvanie čiastkového poklesu a omeškanie poklesu na povrchu. Posledný piaty riadok charakterizuje koeficient prepočtu posunu.



Obrázok 21 Vstupné dáta - pohorie

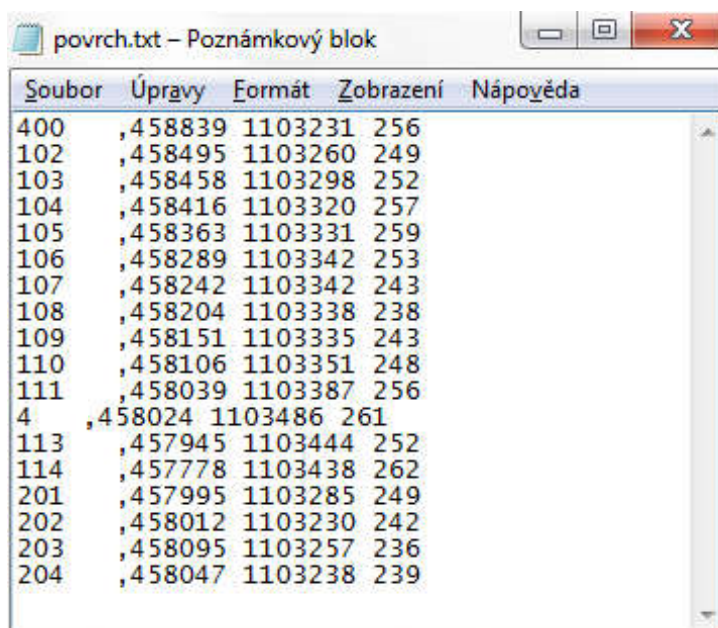
Druhý súbor obsahuje informácie o porube. V prvom riadku sa nachádza názov plochy, čiže číslo porubu. V nasledujúcom riadku sú zadané informácie o začiatku a konci

dobývania, mocnosť dobývania, koeficient dobývania, smer a sklon spádnice, odklon kužela, počet a typ pohoria a počet vrcholov dobývanej plochy. Následne sú v stĺpci vpísané súradnice lomových bodov porubu v poradí Y, X v systéme S-JTSK a priemernú výšku porubu, ktorá je zadaná len pri počiatočnom bode. Posledné číslo v stĺpci určuje typ posunu hrany.



Obrázok 22 Vstupné dáta - porub

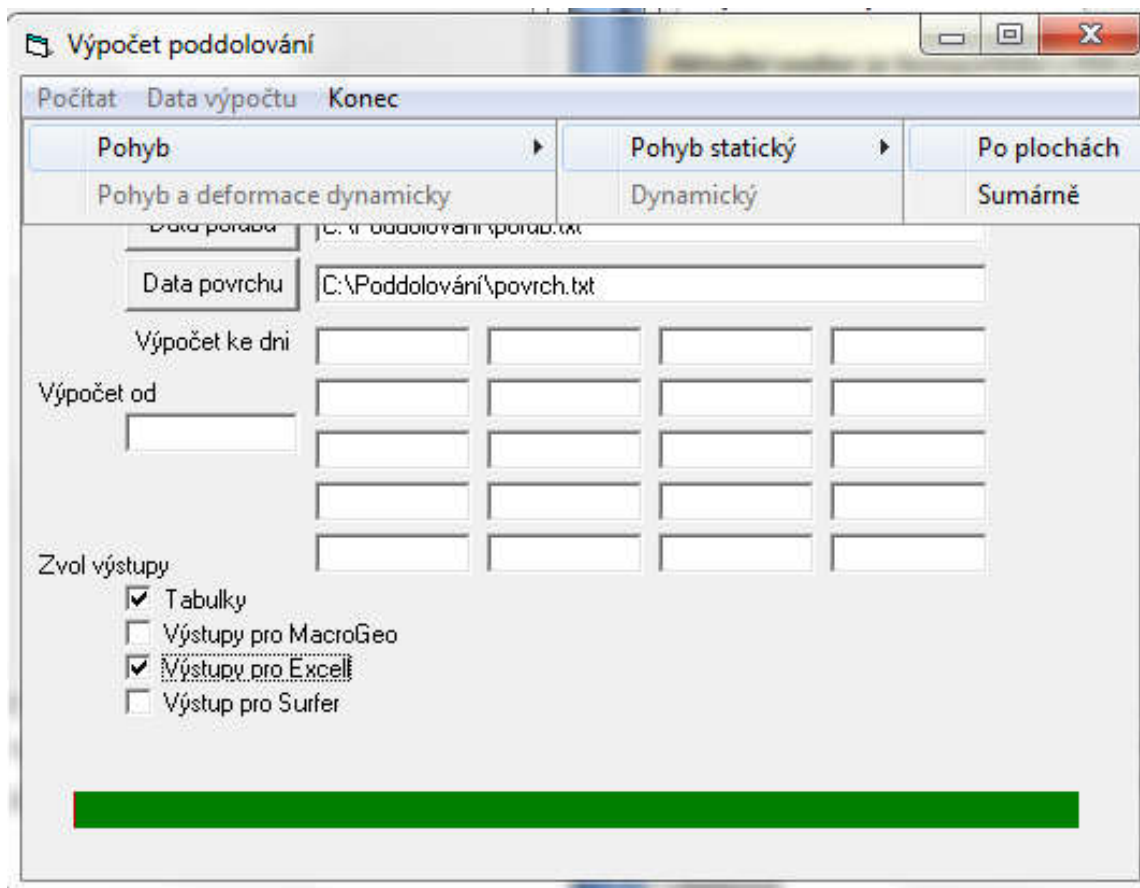
V poslednom vstupnom súbore sú dáta o povrchu. Tento súbor obsahuje súradnice bodov pozorovacej stanice. Formát vložených súradníc je: číslo bodu, súradnice bodu X, Y a Z v metroch.



Obrázok 23 Vstupné dáta – povrch

7.2. Výpočet poklesu

Samotný výpočet teoretického poklesu pozostáva z niekoľkých krokov. Prvým krokom je import vytvorených súborov. Následne v dialógovom okne vyberieme Počítat => Pohyb => Pohyb statický => Sumárne. Výpočet po zadaní vstupných údajov prebehne automaticky. Výsledkom sú textové súbory s požadovanými údajmi, ktoré môžu slúžiť ako vstupné dáta pre ďalšie spracovanie v programoch MS Excel, MacroGeo, Surfer.



Obrázok 24 Dialógové okno výpočtu

Výsledkom je súbor, ktorý obsahuje vypočítané teoretické poklesy, posuny a smer posunu na jednotlivých bodoch pozorovacej stanice.

Tabulky.txt – Poznámkový blok

Soubor Úpravy Formát Zobrazení nápověda

P O K L E S Y A P O S U N Y

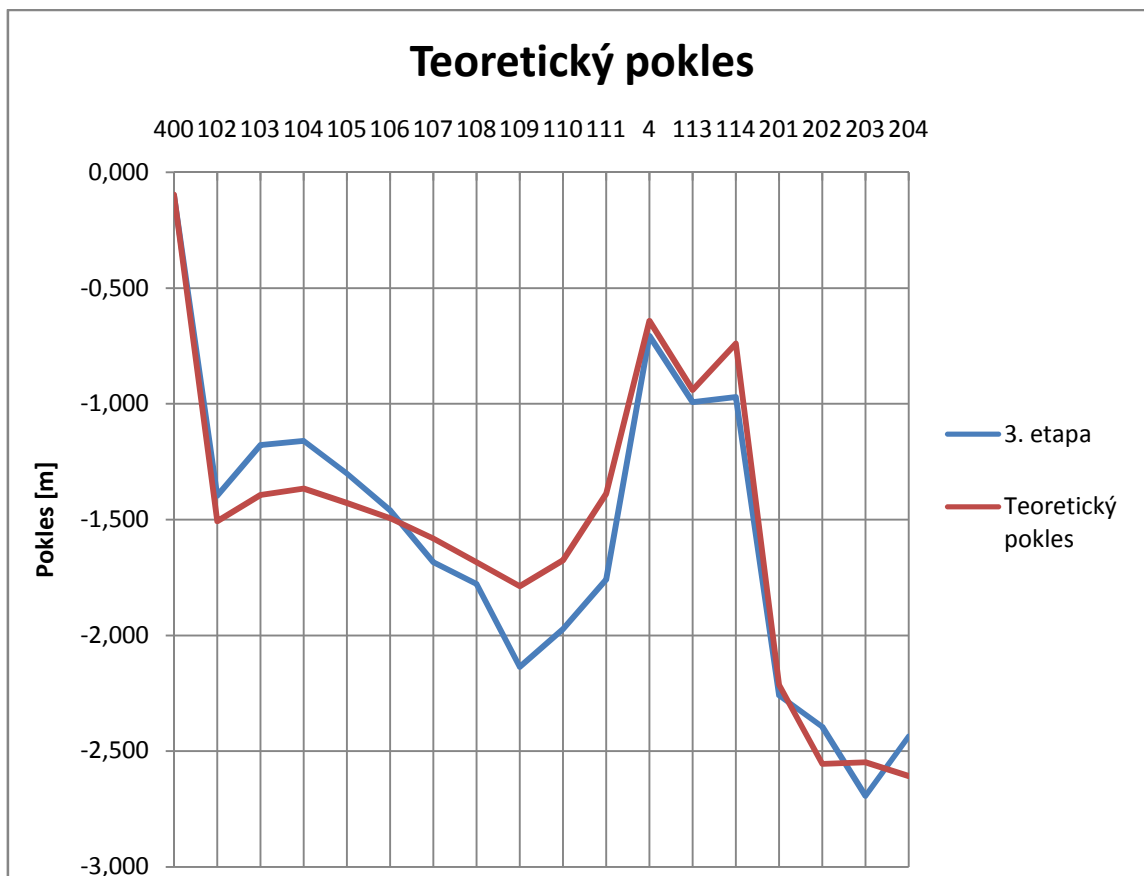
Soubor pohorí: C:\Poddolování\pohorie.txt
 Soubor porubů: C:\Poddolování\PORUBK-1.TXT
 Soubor povrchu: C:\Poddolování\povrch.txt

Bod	Plocha	Pokles	Posun X	Posun Y	Posun	Směr
400	celkem	0,097	-0,023	-0,085	0,088	254,9
102	celkem	1,507	-0,453	-0,349	0,572	217,6
103	celkem	1,392	-0,513	-0,268	0,579	207,6
104	celkem	1,366	-0,551	-0,214	0,591	201,2
105	celkem	1,428	-0,589	-0,172	0,614	196,2
106	celkem	1,494	-0,620	-0,128	0,633	191,7
107	celkem	1,580	-0,633	-0,110	0,643	189,9
108	celkem	1,684	-0,640	-0,097	0,647	188,6
109	celkem	1,788	-0,629	-0,073	0,633	186,6
110	celkem	1,675	-0,607	-0,056	0,609	185,3
111	celkem	1,388	-0,558	-0,031	0,559	183,1
113	celkem	0,940	-0,459	0,012	0,459	178,5
114	celkem	0,740	-0,316	0,164	0,356	152,5
201	celkem	2,212	-0,403	0,106	0,416	165,3
202	celkem	2,555	-0,243	0,175	0,299	144,3
203	celkem	2,547	-0,472	0,034	0,473	175,9
204	celkem	2,607	-0,335	0,118	0,355	160,6
4	celkem	0,641	-0,389	-0,034	0,391	185,1

Obrázok 25 Teoretické poklesy a posuny

Tabuľka 12 Porovnanie hodnôt poklesu 3. etapy a teoretického poklesu

Číslo bodu	Pokles 3. etapy [m]	Teoretický pokles [m]
400	-0,100	-0,097
102	-1,397	-1,507
103	-1,178	-1,393
104	-1,161	-1,366
105	-1,301	-1,428
106	-1,461	-1,495
107	-1,684	-1,581
108	-1,779	-1,684
109	-2,137	-1,788
110	-1,974	-1,676
111	-1,759	-1,388
4	-0,707	-0,641
113	-0,993	-0,940
114	-0,971	-0,740
201	-2,260	-2,213
202	-2,396	-2,555
203	-2,694	-2,547
204	-2,437	-2,607



Graf 2 Porovnanie teoretického poklesu s 3. etapou merania

Rozdiely medzi teoretickým a skutočne nameraným poklesom je možný z vplyvu z dobývania z porubu 140 702 a aktiváciu starín.

8 URČENIE NAKLONENIA

Naklonenie bolo určované nepriamo z poklesu dvoch za sebou idúcich bodov a vzdialenosti medzi nimi podľa vzorca (5). Výsledné hodnoty naklonenia pre body 1. meračskej priamky a pre body 201 – 204 sú uvedené v tabuľke č.13 a č.14.

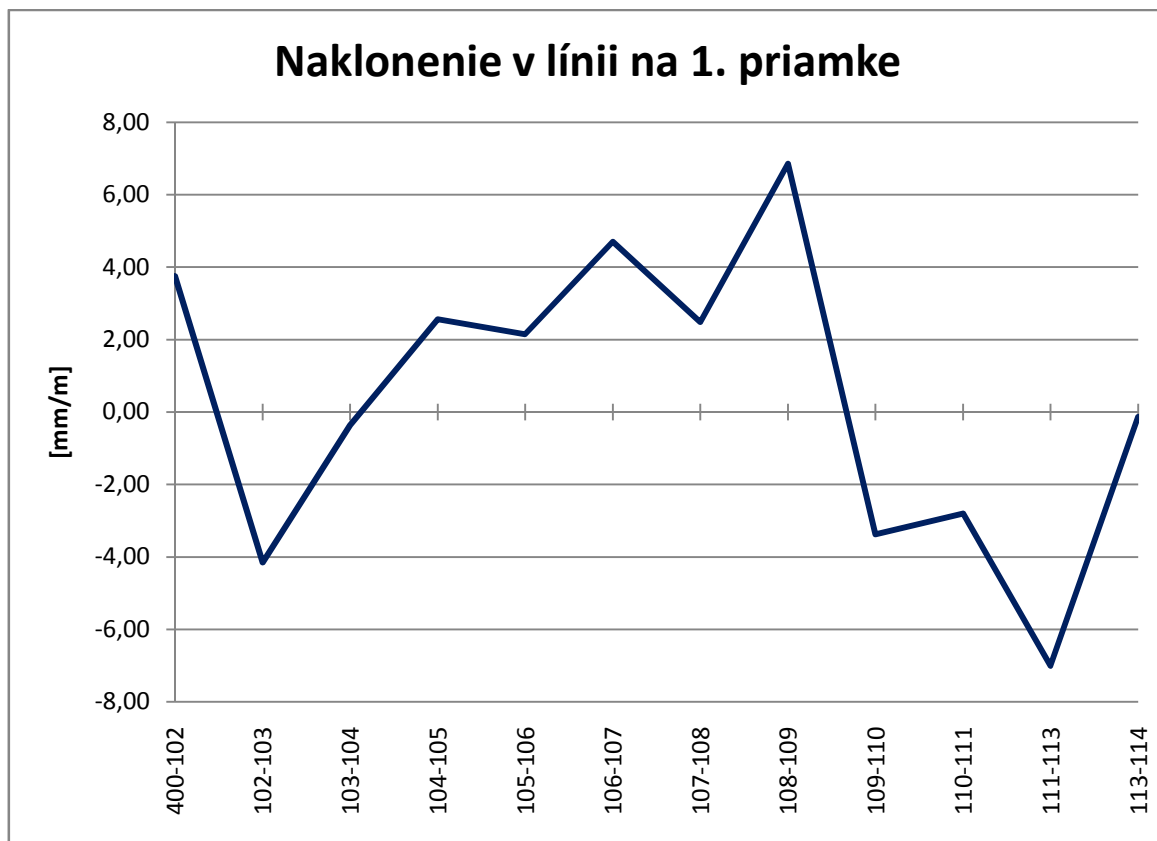
Tabuľka 13 Naklonenie medzi bodmi 1. meračskej priamky

	S [m]	naklonenie [mm/m]		
		0-1	0-2	0-3
400-102	345,79	3,73	3,75	3,75
102-103	52,71	-4,84	-4,52	-4,15
103-104	47,38	-0,57	-0,19	-0,36
104-105	54,71	2,67	2,76	2,56
105-106	74,47	2,67	2,15	2,15
106-107	47,42	4,13	4,38	4,70
107-108	38,37	2,48	2,26	2,48
108-109	52,20	6,51	6,93	6,85
109-110	48,18	-2,70	-3,24	-3,38
110-111	76,65	-3,07	-2,67	-2,80
111-113	109,30	-6,77	-7,04	-7,01
113-114	167,41	-0,13	-0,12	-0,13

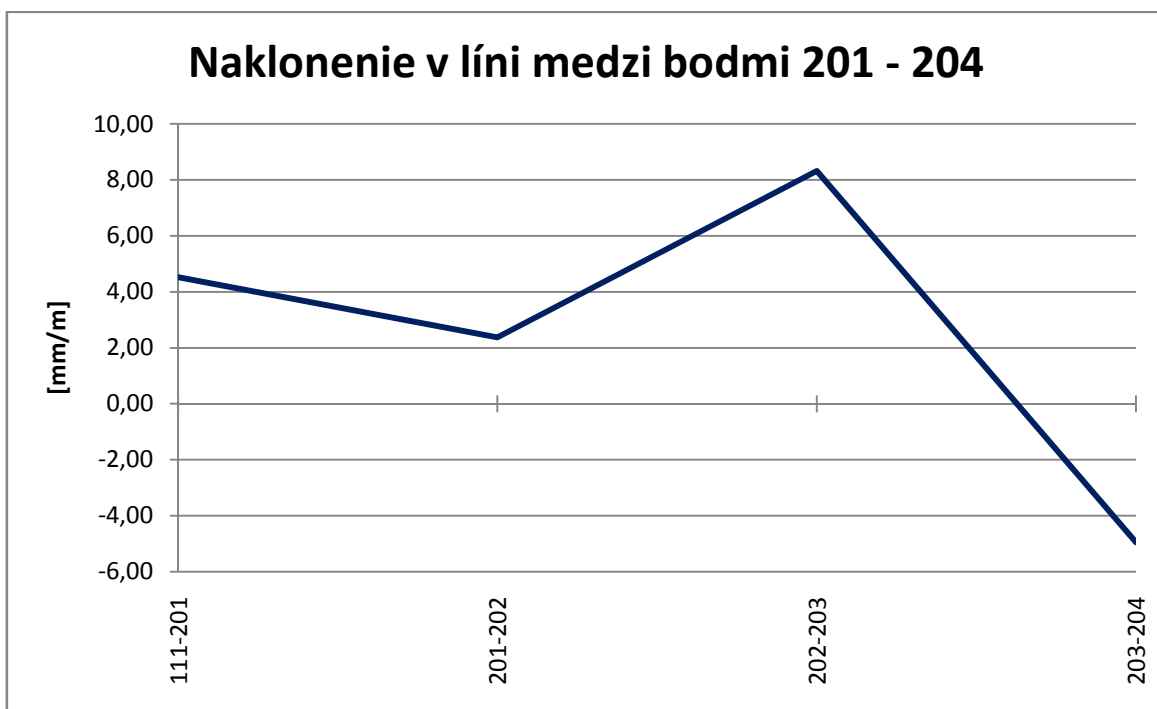
Tabuľka 14 Naklonenie medzi bodmi 201 - 204

	S[m]	naklonenie [mm/m]		
		0-1	0-2	0-3
111-201	110,88	4,73	4,52	4,52
201-202	57,36	2,40	2,33	2,37
202-203	35,86	8,44	8,41	8,32
203-204	51,97	-4,94	-4,98	-4,95

Vizuálne znázornenie naklonení medzi jednotlivými bodmi v línii meračskej priamky môžeme vidieť na grafe č.3 a grafe č.4.



Graf 3 Naklonenie naklonenia v línii meračskej priamky č. 1



Graf 4 Naklonenie v línii medzi bodmi 201 – 204

9 VYMEDZENIE OBLASTI POKLESOVEJ KOTLINY

Hranicu poklesových kotlín vymedzuje obalová krivka kružníc plných účinných plôch so stredom v jednotlivých hranách porubu. Polomer plnej účinnej plôch určíme podľa vzorca (2). Vypočítané priemerné medzné uhly boli použité pri teoretickom výpočte poklesov. Veľkosti plných účinných plôch ako aj ďalšie hodnoty sú uvedené v tabuľke č.15.

Tabuľka 15 Výpočet plných účinných plôch

porub	Hĺbka dobýv.	Výška [m]		Mocnosť [m]		Medzný uhol [°]	Priem. medzný uhol μ [°]	H [m]	r [m]
		h_p	h_k	m_k	m_p				
140702	480	256	61	541	195	62,35	62,3	736	385,6
	480	264	48	528	216	62,10		744	394,0
	460	250	64	531	183	62,44		714	372,7
	460	254	71	528	177	62,49		705	367,2
140704	490	263	96	605	167	62,8	62,7	772	396,1
	490	256	64	554	192	62,4		746	389,6
	490	250	76	551	174	62,6		725	375,8
	490	248	103	603	145	63,1		748	380,1
140706	510	248	144	654	104	63,6	63,4	758	375,8
	510	236	133	643	103	63,6		746	370
	510	248	104	614	144	63,1		758	384,6
	510	239	100	610	139	63,1		749	379,3

Výška povrchu bola určená zo Základnej mapy ČR (príloha č.3), výška karbónu z mapy izolínií reliéfu karbónu (príloha č.4) a hĺbka dobývania z banskej mapy.

Mocnosť karbónu m_k je určený ako súčet hĺbky dobývania a výšky karbónu, mocnosť pokryvu m_p je rozdiel výšky povrchu a výšky karbónu a celková hĺbka dobývania H je určená ako súčet mocností pokryvu a karbónu.

Podľa vzorca (1) boli vypočítané priemerné medzné uhly, ktoré vstupovali do teoretického výpočtu poklesov.

Výsledkom na podklade ZM ČR (príloha č.5) je znázornená oblasť rozsahu poklesovej kotliny.

10 ZÁVER

Cieľom diplomovej práce periodické zameranie výšok bodov líniovej pozorovacej stanice, ktorá je stabilizovaná nad porubmi 140 702 a 140 704. Meranie bolo uskutočnené v troch etapách, v ktorých sa zisťovali poklesy bodov vzhľadom k predchádzajúcim meraniam. Meraním poklesov sa sledoval vznik poklesovej kotliny.

Pri trigonometrickom nivelovaní nebola prekročená krajná odchýlka pre presnú niveláciu pri všetkých troch etapách merania pre obe priamky. Stredná kilometrová chyba pre presnú niveláciu nebola prekročená len v 3. etape pre priamku č. 1. V ostatných prípadoch toto kritérium nebolo dodržané.

Najväčší pokles na prvej priamke bol na bode č. 109 (pokles -2,137 m) a na druhej meranej priamke bol najväčší pokles preukázaný na bode č. 203 (pokles -2,694 m). Pri teoretickom výpočte poklesu v programe Subsch vykazoval najväčší pokles bod č. 204 (pokles -2,607 m). Rozdiely medzi skutočným a teoreticky vypočítaným poklesom sú zapríčinené možným doznievaním dobývania predchodzích porubov a aktiváciou starín.

LITERATÚRA

- [1] BITTERER, Ladislav.: *Geodézia. učebný text* [online]. [cit.2016-03-26]. Dostupné na <http://svf.uniza.sk/kgd/index.php?me=401&lc=sk&lm=s>
- [2] BLIŠŤAN, Peter; KONDELA, Julián. *Základy banskej geológie a výpočtu zásob*. Technická Univerzita Košice. Elfa, 2001. [online]. [cit.2016-04-05]. Dostupné na: <http://www.fberg.tuke.sk/blistan/download/Banska%20geologia%20skripta.pdf>
- [3] ČSN 73 0405. *Měření posunů stavebních objektů*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1. 12. 1997. Třídící znak 730405.
- [4] KOPÁČIK, Alojz. *MERANIE POSUNOV A PRETVORENÍ STAVEBNÝCH OBJEKTOV*. AGK 2015. [online]. [cit.2016-04-01]. Dostupné na: http://www.kgk.sk/fileadmin/templates/downloads/Zborn%C3%ADk_refer%C3%A1tov_ku_KS_z_IG/08_Kopacik.pdf
- [5] KUNÁK, Ladislav; SEDLÁK, Vladimír; HAVLICE, Karol. *VPLYVY DOBÝVANIA MAGNEZITU NA EKOLÓGIU KRAJINY*, Acta Montanistica Slovaca, 1996.
- [6] MICHALČÁK, Ondrej, et al. *Inžinierska geodézia*. Alfa, 1990.
- [7] MIKULENKA, V.: *Nauka o důlních škodách I. díl, učební text*, Ostrava 2008, VŠB-TUO
- [8] NESET, Karel.: *Vlivy poddolování, skripta*, Praha 1984, SNTL
- [9] OKD. OKD [online]. [cit.2016-03-24]. Dostupné na: <http://www.okd.cz/cs/onas/kde-pusobi-okd/dul-karvina>
- [10] Prezentace na vybrané téma: *Trigonometrická nivelace*. [online]. [cit.2016-03-26]. Dostupné na: http://fast.darmy.net/prezentace%20SZZ/04_otazky-navic/x16.%20Trigonometricka%20nivelace.pdf
- [11] SCHENK, Jan. *Měření pohybů a deformací v poklesové kotlině*. Vysoká škola báňská-Technická univerzita, 2006.

- [12] SCHENK, Jan. *Metodika výpočtu vlivů poddolování na počítači*. Vysoká škola báňská-Technická univerzita, Hornicko-geologická fakulta, 2002. [online]. [cit.2016-04-05]. Dostupné na: <http://igdm.vsb.cz/igdm/materialy/subpn.pdf>
- [13] SLÁDKOVÁ, Dana, Měření výšek. [online]. [cit.2016-03-26]. Dostupné na: http://igdm.vsb.cz/igdm/materialy/Mereni_vysek.pdf
- [14] Směrnice pro technickou nivelaci. Český úřad geodetický a kartografický v Praze
- [15] Zdař bůh. Zdař bůh [online]. [cit.2016-03-24]. <http://www.zdarbuh.cz/reviry/okd/dul-lazy-v-orlove-2/>

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obrázok 1 Medzný uhol vplyvu	4
Obrázok 2 Deformácie v horninovom masíve vplyvom vydobytia uhoľnej sloje.....	7
Obrázok 3 Poklesová kotlina a plná účinná plocha	8
Obrázok 4 Možnosti tvaru poklesovej kotliny v závislosti od vydobytej plochy.....	9
Obrázok 5 Profil poklesovej kotliny pri vodorovnom uložení ložiska.....	10
Obrázok 6 Hranica poklesovej kotliny pri šikmom uložení ložiska.....	11
Obrázok 7 Pohyby bodov v poklesovej kotline	12
Obrázok 8 Naklonenie	13
Obrázok 9 Polomer zakrivenia	14
Obrázok 10 Princíp trigonometrickej nivelácie.....	17
Obrázok 11 Líniová pozorovacia stanica - lomená priamka	21
Obrázok 12 Líniová pozorovacia stanica - osový kríž	21
Obrázok 13 Plošná pozorovacia stanica v tvare trojuholníkovej siete	22
Obrázok 14 Pripojenie pozorovacej stanice pomocou polygónového ťahu	23
Obrázok 15 Pripojenie pozorovacej stanice pomocou GPS	23
Obrázok 16 Poloha bane Lazy	24
Obrázok 17 Náčrt porubov 140 704 a 140 706.....	26
Obrázok 18 Rozmiestnenie bodov pozorovacej stanice	27
Obrázok 19 Bod pozorovacej stanice	27
Obrázok 20 Totálna stanica Leica TCR 1202+	29
Obrázok 21 Vstupné dáta - pohorie	37
Obrázok 22 Vstupné dáta - porub	38
Obrázok 23 Vstupné dáta – povrch.....	38
Obrázok 24 Dialógové okno výpočtu	39
Obrázok 25 Teoretické poklesy a posuny.....	40

ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 1 Krajné odchýlky v nivelačnom úseku	18
Tabuľka 2 Krajné odchýlky strednej kilometrovej chyby	18
Tabuľka 3 Technické parametre	29
Tabuľka 4 Pokles bodov v jednotlivých etapách merania	30
Tabuľka 5 Porovnanie krajných odchýlok	32
Tabuľka 6 Rozbor presnosti nivelačného ťahu 1. etapy	32
Tabuľka 7 Rozbor presnosti nivelačného ťahu 2. etapy	33
Tabuľka 8 Rozbor presnosti nivelačného ťahu 3. etapy	33
Tabuľka 9 Presnosť nivelačných úsekov	34
Tabuľka 10 Presnosť určenia poklesu	35
Tabuľka 11 Dokazovanie poklesov bodov	36
Tabuľka 12 Porovnanie hodnôt poklesu 3. etapy a teoretického poklesu	40
Tabuľka 13 Naklonenie medzi bodmi 1. meračskej priamky	42
Tabuľka 14 Naklonenie medzi bodmi 201 - 204	42
Tabuľka 15 Výpočet plných účinných plôch	44

ZOZNAM GRAFOV

Graf 1 Pokles bodov v jednotlivých etapách	31
Graf 2 Porovnanie teoretického poklesu s 3. etapou merania.....	41
Graf 3 Naklonenie naklonenia v línii meračskej priamky č. 1	43
Graf 4 Naklonenie v línii medzi bodmi 201 – 204	43

ZOZNAM PRÍLOH

Príloha č.1 Graf poklesu bodov na 1. meračskej priamke

Príloha č.2 Graf poklesu bodov 201 - 204

Príloha č.3 Mapa povrchu

Príloha č.4 Izolínie reliéfu karbónu dobývacieho priestoru Lazy

Príloha č.5 Znázornenie hranice poklesovej kotliny

Príloha č.6 Namerané dáta 1. etapy a výpočet výšok (len na CD)

Príloha č.7 Namerané dáta 2. etapy a výpočet výšok (len na CD)

Príloha č.8 Namerané dáta 3. etapy a výpočet výšok (len na CD)

Príloha č.9 Výpočet poklesov a grafy (len na CD)

Príloha č.10 Výpočet naklonení a grafy (len na CD)

Príloha č.11 Charakteristika a kritéria presností (len na CD)

Príloha č.12 Výpočet teoretického poklesu (len na CD)